

# 南海北部冬季和夏季浮游哲水蚤类群落\*

张武昌<sup>1,2</sup> 高尚武<sup>1</sup> 孙军<sup>1</sup> 陶振铖<sup>1</sup> 杨波<sup>1</sup> 孙松<sup>1①</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境重点实验室 青岛 266071;

2. 国家海洋局海洋生态系统与海洋生物地球化学重点实验室 杭州 310012)

**提要** 根据 2004 年 2 月 10 日—3 月 6 日(冬季)和 8 月 26 日—9 月 6 日(夏季)在南海北部的两个航次中用浮游动物大网垂直拖网采集的浮游动物样品,对该海域的浮游桡足类群落进行分析。结果表明,共发现哲水蚤类 70 种,冬季航次 62 种,夏季航次 62 种,种类的季节变化不大。在海洋站位,每个站位出现的哲水蚤类为 4—41 种,近岸的站位出现的种数少,向远海逐渐增多。哲水蚤总丰度冬季为 10—353 个/m<sup>3</sup>,夏季为 13—205 个/m<sup>3</sup>,从近岸到远海减少。哲水蚤生物量干重冬季为 0.80—33.39 mg/m<sup>3</sup>,夏季为 0.64—5.81 mg/m<sup>3</sup>,从近岸到远海减少。种类多样性指数采用香农-威弗指数,冬季为 0.80—4.39,夏季为 2.12—4.66,在近岸较低,远海较大。优势度大于 2% 的种被认为是优势种。冬季的优势种为:中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、狭额真哲水蚤(*Subeucalanus subtenuis*)、弓角基齿水蚤(*Clausocalanus arcuicornis*)、长尾基齿水蚤(*Clausocalanus furcatus*)、达氏波水蚤(*Cosmocalanus darwini*)。夏季的优势种(类)为:微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)、小哲水蚤(*Nannocalanus minor*)、狭额真哲水蚤、亚强真哲水蚤(*Subeucalanus subcrassus*)、小拟哲水蚤、锥形宽水蚤(*Temora turbinata*)、柱形宽水蚤(*T. stylifera*)、异尾宽水蚤(*T. discaudata*)。这些种在各个站位占总丰度的 15%—92%(平均为 48%)。优势度大于 5% 的种有中华哲水蚤、小拟哲水蚤、狭额真哲水蚤、锥形宽水蚤、异尾宽水蚤,各种的丰度(除狭额真哲水蚤外)从近岸向远海降低。在远海深水的站位,出现了热带暖水种乳点水蚤属的腹突乳点水蚤(*Pleuromamma abdominalis*)、瘦乳点水蚤(*P. gracilis*)和粗乳点水蚤(*P. robusta*)。哲水蚤目种丰富度、桡足类丰度、多样性指数、优势种丰度从近岸到远海的变化趋势,反映了桡足类群落从近岸到远海的演替。

**关键词** 哲水蚤目, 桡足类, 多样性, 南海

**中图分类号** Q518.4

海洋浮游动物摄食浮游植物和微型浮游动物,同时又是鱼类的饵料,因此是海洋浮游生态系统中联系微食物网和经典食物链的中间环节。桡足类是浮游动物的优势类群,其生物量约占浮游动物生物量的 80% (Verity *et al.*, 1996)。南海浮游桡足类的文献主要来自我国的(渔业)资源调查报告,以学术论文发表的较少,研究区域多是珠江口和 200 m 水深以浅(李纯厚等, 2004; Tan *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2006)。南海北部的浮游桡足类群落有明显的季节变化和年际变化。

一般来讲,在春季,异尾宽水蚤(*Temora discaudata*)和精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)是优势种,夏季和秋季,叉胸刺水蚤(*Centropages furcatus*)和普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)是优势种,冬季的优势种是微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)和精致真刺水蚤(*E. concinna*) (Li *et al.*, 2006)。

近岸浮游桡足类群落不是孤立的,它们受到陆坡和远洋水的影响。一般来讲,陆坡区是近岸群落和远洋群落的过渡区,近岸群落和远洋群落的物理环

\* 国家自然科学基金重点项目, 90711006 号和 90211021 号; 国家海洋局海洋生态系统与海洋生物地球化学重点实验室开放基金项目, LMEB200803 号。张武昌, 博士, 研究员, E-mail: wuchangzhang@ms.qdio.ac.cn

通讯作者: E-mail: sunsong@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2009-01-12, 收修改稿日期: 2009-11-15

境(如温度, 盐度、食物类型和捕食者)存在差异, 适应一个环境的物种很难在另一个环境中生存。这个区域种类的丰度从近岸到远洋会表现为从少到多(远洋种类)或从多到少(近岸种类)的变化梯度, 而群落的一些特征(种丰富度, 总丰度, 多样性指数等)也表现出类似的梯度 (Coyle *et al.*, 2005; Berasategui *et al.*, 2006; Ramfos *et al.*, 2006)。2004 年冬季和夏季, 在南海北部从陆架到陆坡的几个断面上用大型浮游生物网采样分析了浮游哲水蚤类, 以了解哲水蚤类群落自近岸向远洋的变化。

## 1 调查与研究方法

共有两个调查航次, 2004 年 2 月 10 日—3 月 6 日(冬季), 搭乘“延平 2 号”, 在南海北部接近垂直于海岸线设 A, B, C, D 4 个断面, 沿珠江设 P 断面(图 1)。2004 年 8 月 26 日—9 月 6 日(夏季), 搭乘“中国海监 72 号”, 设 S1 和 S2 断面, S2 断面站位和 D 断面相同, 只是用了不同的编号, S1 断面在 A 断面的东部, 其中 A9 站和 S1-1 位置相同(图 1)。A, B, C, D, S1 和 S2 断面统称为海洋断面。

海区的水深从沿岸 25 m 逐渐变深, 每个断面的外面两个站位[A1(115.8°E, 20.1°N)和 S1 断面的外面三个站位]在 200 m 等深线以外, 处于大陆坡的位置, 水深迅速变深, 最大深度为 2500 m [S1-10 (117°E, 19.5°N)]。

在每个采样站位, 用 CTD 测量温度和盐度剖面, 在不同的水层测量叶绿素 *a* 浓度等环境因子。

浮游动物样品均为标准大型浮游生物网(网口直径为 80 cm, 孔径为 500  $\mu\text{m}$ )从 200 m 水深到表层垂直拖网, 水深不足 200 m 时, 为从底到表拖网。获取的浮游动物用甲醛海水溶液(最终浓度为 5%)固定。回到实验室后, 镜检计数其中的哲水蚤类, 计算丰度(个/ $\text{m}^3$ )。鉴定种类主要参考陈清潮等(1965), 幼体不能鉴定到种, 但计入总丰度。

在海洋断面各站, 计算哲水蚤类干重和群落的种类多样性。计算方法如下:

测量各个种的前体部( $L$ ,  $\mu\text{m}$ ), 按照  $\text{Log } DW = 3.13 \text{ Log } L - 8.18$  (Uye, 1982) 计算各个种的干重( $DW$ ,  $\mu\text{g}$ ), 求得各个站位哲水蚤类的干重。

种类多样性指数采用香农-威弗指数(Shannon-Weaver Index,  $H'$ )(Shannon *et al.*, 1963):

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) \log_2 P_i$$

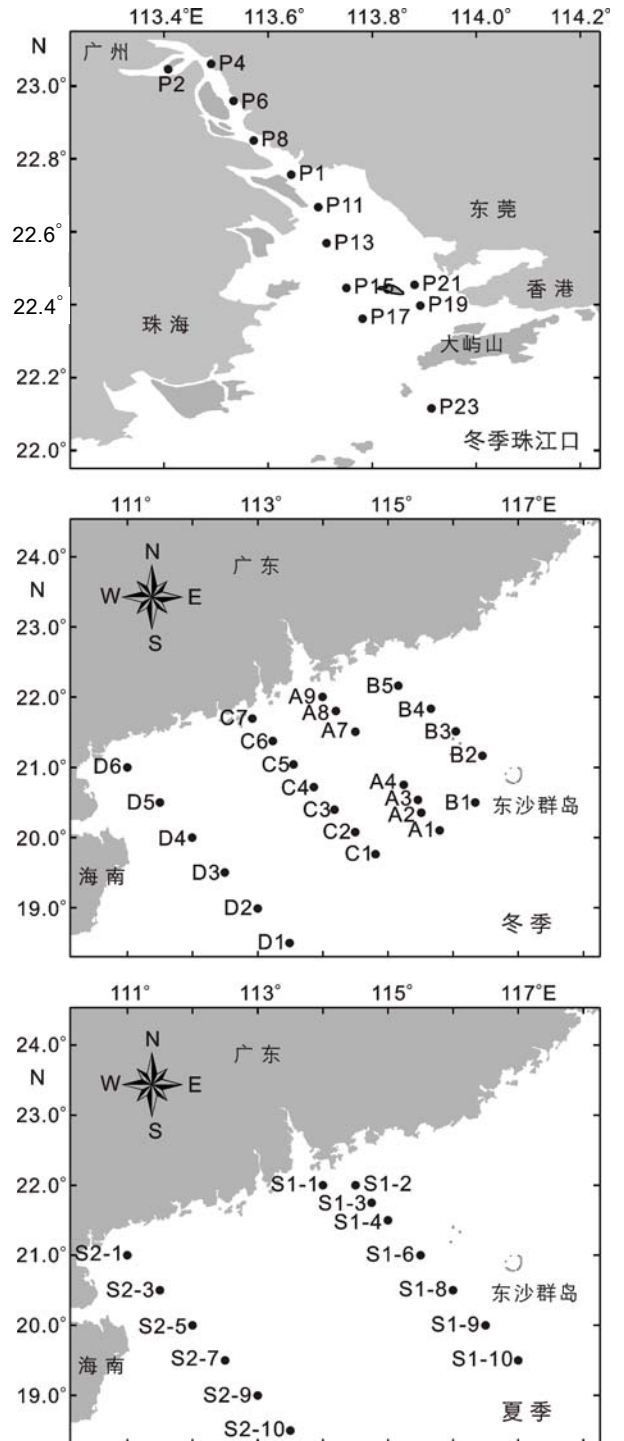


图 1 调查站位的位置

Fig.1 Map showing the positions of the stations

其中,  $P_i$  为该站样品中属于第  $i$  种的个体的比例, 如果样品中总个体数(不含幼体)为  $N$ , 其中第  $i$  种的个体数为  $N_i$ , 那么  $P_i = N_i/N$ ,  $S$  为总的种数。

冬季和夏季海洋断面中各种的优势度( $Y$ )按孙儒泳(1992)的公式计算:  $Y = (N_i/N) \times f_i$

其中,  $N$ 为海区出现的所有种类的总个体数(不含幼体),  $N_i$ 为第  $i$ 种的个体数,  $f_i$ 为该种在各站位出现的频率。

## 2 结果

珠江内 P 断面的调查结果(图 2)如下: 温度在 12.0—17.1 之间, 盐度从广州到江口从 1.22 逐渐上升到 34.26。在 P2(113.40°E, 23.04°N) 到 P15(113.75°E, 22.45°N)站之间发现火腿许水蚤(*Pseudodiaptomus poplesia*), 盐度范围为 1.22—26.91。丰度在 P1(113.64°E, 22.76°N)站高达 2003 个/m<sup>3</sup>, 该站的盐度为 7.15。在珠江口有中华哲水蚤出现, 丰度在 P19(113.89°E, 22.39°N)站达到 412 个/m<sup>3</sup>。在 P 断面发现的桡足类种较少, 其他的桡足类有: 小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、长尾基齿水蚤(*Clausocalanus furcatus*)、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)、捷氏歪水蚤(*Tortanus derjugini*)、右突歪水蚤(*T. dextrilobatus*)、中华异水蚤(*Acartiella sinensis*)、瘦歪水蚤(*Tortanus gracilis*)、瘦尾胸刺水蚤(*Centropages tenuiremis*), 丰度都较低。P 断面的浮游动物数据不进行多样性等群落分析。

海洋断面调查的水文环境因子见图 3。冬季表层温度为 15.6—24.5 °C, 盐度为 31.18—34.77, 表层叶

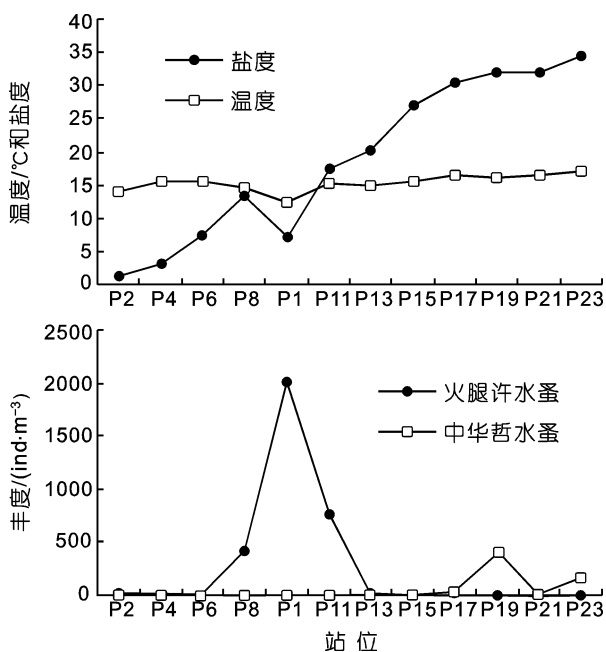


图 2 温度、盐度、火腿许水蚤和中华哲水蚤丰度(个/m<sup>3</sup>)沿珠江内 P 断面的分布

Fig.2 Temperature, salinity and abundance (ind./m<sup>3</sup>) of *Pseudodiaptomus poplesia* and *Calanus sinicus* along Transect P in the Pearl River

绿素浓度为 0.1—1.8 μg/L。夏季表层温度为 27.5—30.1, 盐度为 24.79—34.00, 表层叶绿素浓度为 0.07—15.5 μg/L。从近岸向远海, 表层温度和盐度逐渐升高, 叶绿素浓度则逐渐降低。

表 1 中列出了两个航次海洋断面出现的种类及其最大丰度和优势度。海洋断面共鉴定出哲水蚤目桡足类 66 种, 冬季 58 种, 夏季 62 种。冬季 P 断面出现的火腿许水蚤、捷氏歪水蚤、右突歪水蚤和中华异水蚤在海洋断面没有发现, 因此冬季共发现 62 种。从种数上看, 两个季节差异不大。在每个站位出现的哲水蚤目桡足类为 4[D6(111°E, 21°N)] - 41 种[S1-9(116.5°E, 20°N)], 近岸的站位出现的种数少, 向远海逐渐增多(图 4)。

哲水蚤类的总丰度(图 4)冬季为 10—353 (平均 87) 个/m<sup>3</sup>, 夏季为 13—205(62)个/m<sup>3</sup>, 浮游动物的总丰度从近岸到远海减少。哲水蚤类的生物量干重(图 4)冬季为 0.80—33.39 (平均 6.91) mg/m<sup>3</sup>, 夏季为 0.64—5.81 (平均 2.99) mg/m<sup>3</sup>, 浮游动物的生物量从近岸到远海减少。哲水蚤类的生物多样性(图 4)冬季为 0.80—4.39, 夏季为 2.12—4.66, 生物多样性在近岸较低, 远海较大。

虽然在两个航次出现的种很多, 但是, 大多数的种的丰度很低(表 1), 例如, 冬季, 中华哲水蚤、狭额真哲水蚤、亚强真哲水蚤、小拟哲水蚤、长尾基齿水蚤、柱形宽水蚤的最大丰度超过 10 个/m<sup>3</sup>, 其中, 中华哲水蚤的丰度最大, 可达 225 个/m<sup>3</sup>。夏季, 最大丰度超过 10 个/m<sup>3</sup>的种类有, 中华哲水蚤、狭额真哲水蚤、亚强真哲水蚤、小拟哲水蚤、长尾基齿水蚤、锥形宽水蚤、异尾宽水蚤、柱形宽水蚤、瘦乳点水蚤, 其中锥形宽水蚤的丰度最大, 为 72 个/m<sup>3</sup>。哲水蚤的幼体在总丰度中占有很大的比例, 冬季比例为 2%—56%(平均为 21%), 夏季为 6%—56%(平均为 24%)。

根据徐兆礼等(1989)规定, 当  $Y > 2\%$  时, 即为优势种。按照这个标准, 冬季的优势种(表 1)为中华哲水蚤、小拟哲水蚤、狭额真哲水蚤、弓角基齿水蚤、长尾基齿水蚤、达氏波水蚤; 夏季的优势种(表 1)为微刺哲水蚤、小哲水蚤、狭额真哲水蚤、亚强真哲水蚤、小拟哲水蚤、锥形宽水蚤、柱形宽水蚤、异尾宽水蚤。这些种在各个站位占总丰度的 15%—92%(平均为 48%)。

两个季节中出现的优势度  $> 5\%$  的种有: 中华哲水蚤、锥形宽水蚤、狭额真哲水蚤、小拟哲水蚤和异尾宽水蚤。中华哲水蚤、锥形宽水蚤、异尾宽水蚤和

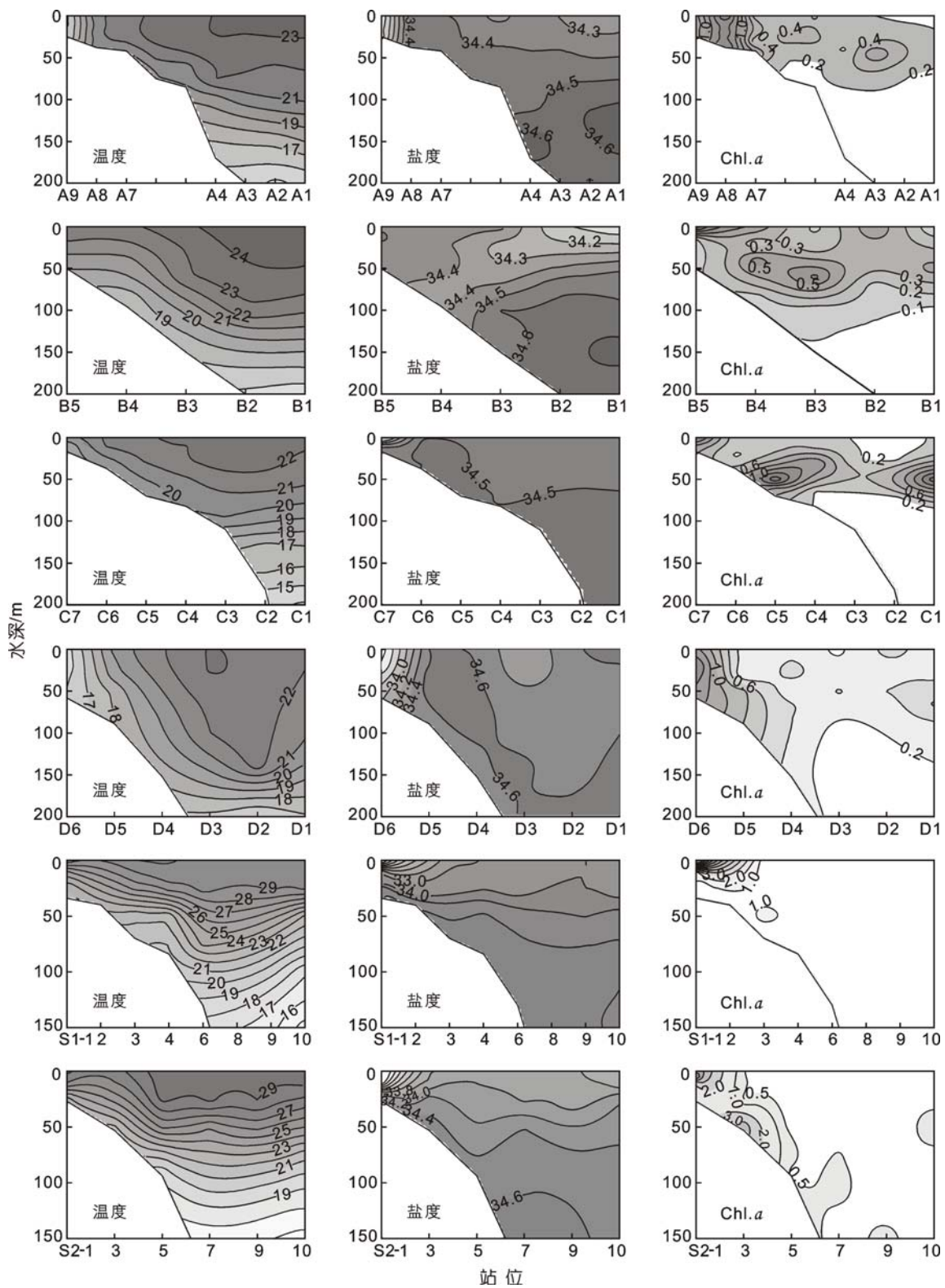


图 3 温度、盐度和叶绿素 a 浓度(Chl.a, µg/L)沿海洋断面的分布

Fig.3 Distribution of Temperature (T, °C), salinity (S) and chlorophyll a concentration (Chl.a, µg/L) along 6 oceanic transects  
注: 第 5 排图横坐标中的 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 为站位 S1-2, S1-3, S1-4, S1-6, S1-8, S1-9, S1-10 的缩写; 第 6 排图横坐标中的 3, 5, 7, 9, 10 为站位 S2-3, S2-5, S2-7, S2-9, S2-10 的缩写

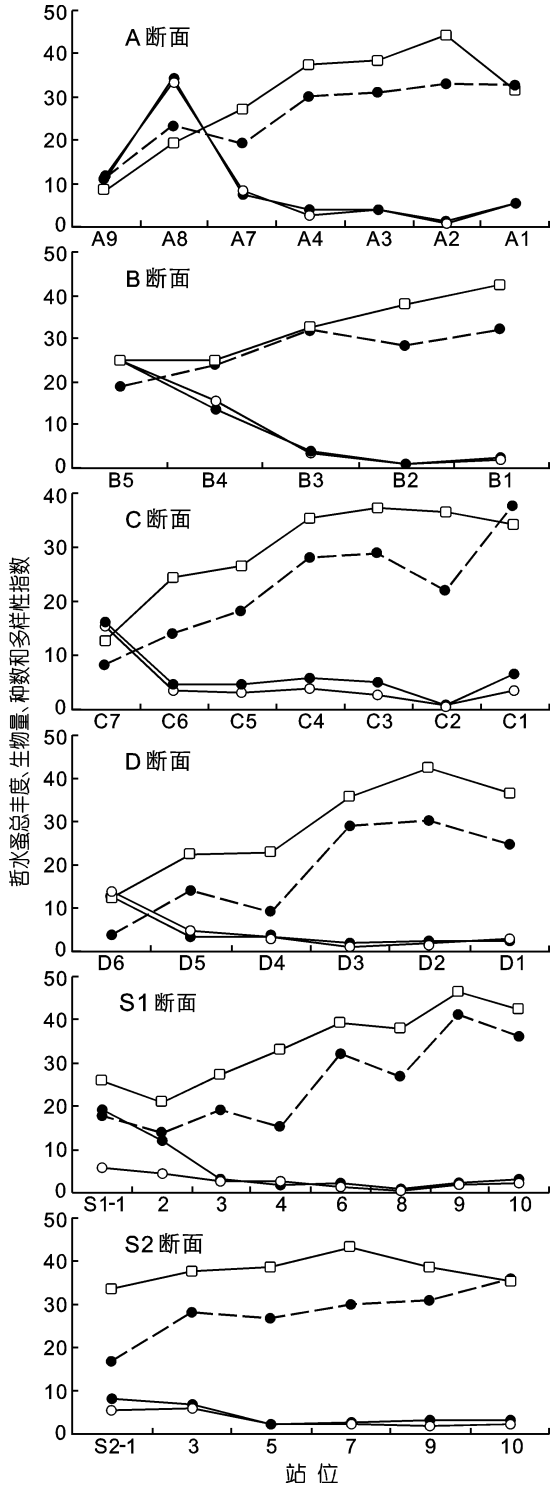


图4 哲水蚤总丰度、生物量、各站出现的哲水蚤种数和多样性指数沿断面的分布

Fig.4 Total abundance, dry biomass, number of species of Calanoida and Shannon-Weaver Index along the 6 transects  
 —●—总丰度( $\times 10$  个/ $m^3$ ); —○—生物量(干重,  $mg/m^3$ ); —■—哲水蚤种数; —□—多样性指数( $\div 10$ )

注: S1 断面图横坐标中的 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 为站位 S1-2, S1-3, S1-4, S1-6, S1-8, S1-9, S1-10 的缩写; S2 断面图横坐标中的 3, 5, 7, 9, 10 为站位 S2-3, S2-5, S2-7, S2-9, S2-10 的缩写

小拟哲水蚤的丰度从近岸向远海降低(图 5, 图 6)。小拟哲水蚤(图 6)的丰度也是从近岸向远海降低, 但是, 例外的是, 在 C 断面的 C1 (114.8°E, 19.8°N)站丰度较大。狭额真哲水蚤(图 6)的丰度在不同的断面分布趋势不同, 没有从近岸到远海的分布趋势。优势种的丰度季节变化明显, 例如: 中华哲水蚤(图 5)冬季的最大丰度为 225 个/ $m^3$ , 在夏季的最大丰度仅为 16 个/ $m^3$ ; 锥形宽水蚤(图 5)的冬季的最大丰度为 7 个/ $m^3$ , 在夏季的最大丰度仅为 72 个/ $m^3$ 。

另一个重要的特点是在远海深水的站位, 出现了乳点水蚤, 包括腹突乳点水蚤、瘦乳点水蚤和粗乳点水蚤, 其中瘦乳点水蚤的丰度最大, 它的分布从远洋向近岸减少(图 7)。

### 3 讨论

#### 3.1 珠江口内群落

本研究中作者发现火腿许水蚤分布的盐度范围为 1.22—26.91, 丰度最大值出现在盐度为 7.15 时。这个结果与黄加祺等(1986)的研究结果相似, 他们发现火腿许水蚤在九龙江口主要分布在盐度低于 20 的低盐区, 特别在盐度低于 10 的水域有较大丰度, 而随着盐度的升高丰度逐渐减少。黄加祺等(1986)在九龙江口记录到火腿许水蚤的最大丰度为 3765 个/ $m^3$ , 大于本文的 2003 个/ $m^3$ 。本研究在珠江口记录到中华哲水蚤丰度达到 412 个/ $m^3$ , Chen 等(2003)在珠江口 3 月记录到中华哲水蚤的最大丰度为 300 个/ $m^3$ 。

#### 3.2 海洋断面的群落指标变化

1997—2000 年, 国家海洋勘测专项“生物资源栖息环境调查与研究”在南海北部进行了 10 次调查, 海区从台湾海峡沿海岸直到北部湾(王云龙等, 2005)。在这批调查中, 夏季和冬季发现哲水蚤目分别有 94 种和 93 种, 种数高于本文的结果, 原因可能是上述专项调查的调查海区比本文大得多, 站位设置比本文密, 调查航次多。

本研究发现哲水蚤的种丰富度和多样性指数从近岸到远洋逐渐升高, 说明远洋群落比近岸群落具有更高的多样性, 这种现象也发生在美国俄勒冈沿岸(Keister *et al*, 2003), 非洲毛利塔尼亚沿岸(Kuipers *et al*, 1993), 巴西沿岸(Lopes *et al*, 1999)和阿根廷 Rio de la Plata 外海 (Berasategui *et al*, 2006)。

南海北部的桡足类丰度从近岸向外海逐渐减少, 这种现象也是一种普遍现象, 在巴西 (Lopes *et al*, 1999), 美国的俄勒冈 (Morgan *et al*, 2003, Lamb *et al*, 2005), 地中海东部的爱奥尼亚海 (Ramfos *et al*, 2006)

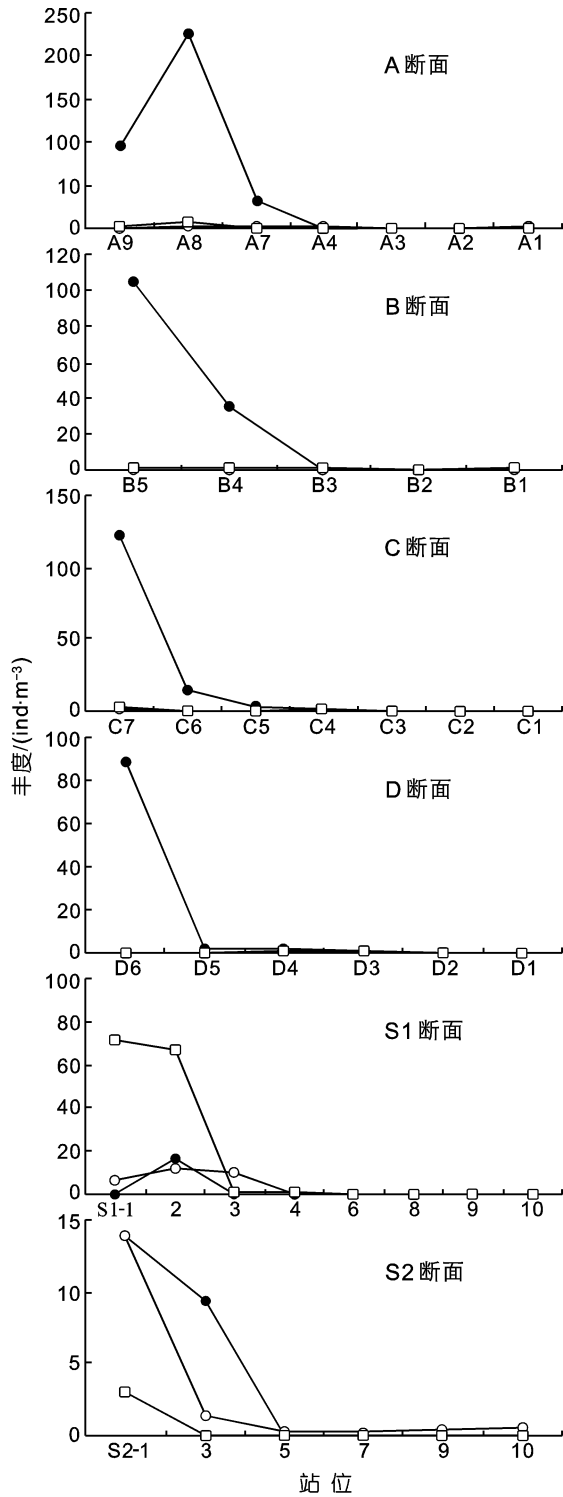


图 5 中华哲水蚤(—●—)、锥形宽水蚤(—□—)和异尾宽水蚤(—○—)的丰度(个/m<sup>3</sup>)沿断面的分布  
 Fig.5 Abundance (ind./m<sup>3</sup>) of *C. sinicus* (—●—), *Temora turbinata* (—□—) and *T. discaudata* (—○—) along the 6 transects  
 注: S1 断面图横坐标中的 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 为站位 S1-2, S1-3, S1-4, S1-6, S1-8, S1-9, S1-10 的缩写;  
 S2 断面图横坐标中的 3, 5, 7, 9, 10 为站位 S2-3, S2-5, S2-7, S2-9, S2-10 的缩写

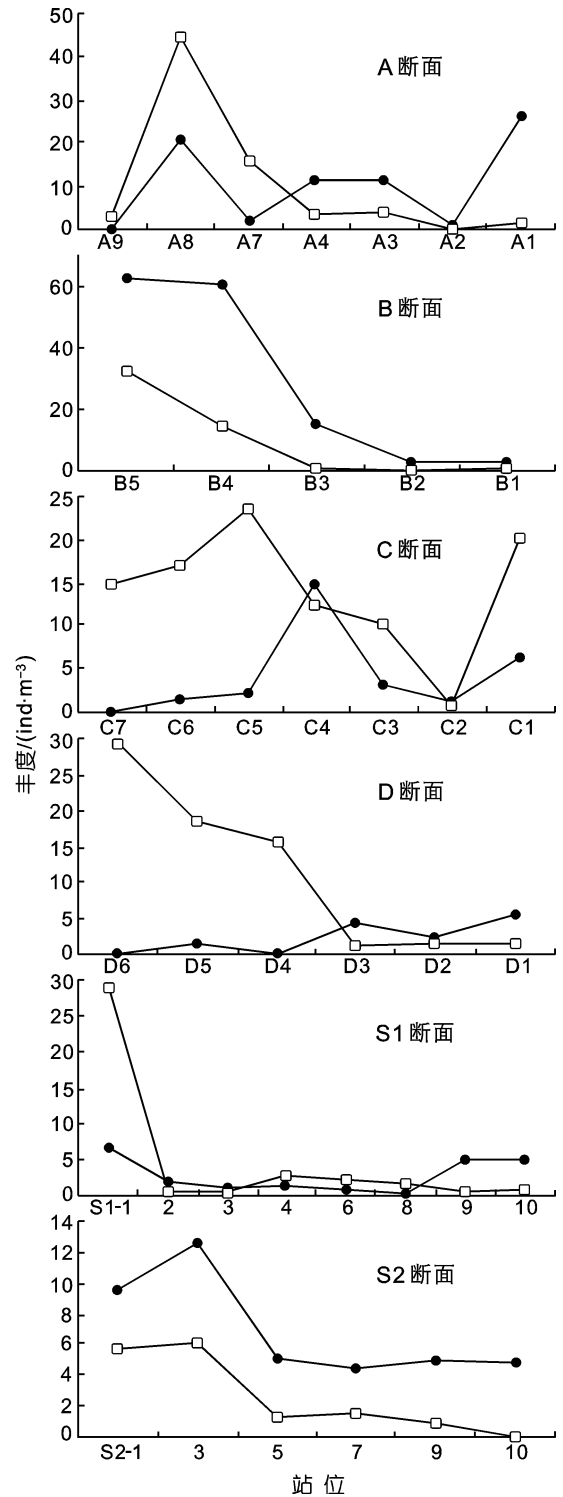


图 6 狭额真哲水蚤(—●—)和小拟哲水蚤(—○—)的丰度(个/m<sup>3</sup>)沿断面的分布  
 Fig.6 Abundance (ind./m<sup>3</sup>) of *Subeucalanus subtenuis* (—●—) and *Paracalanus parvus* (—○—) along the 6 transects

和北加利福尼亚上升流 (Papastephanou *et al.*, 2006)。在近岸桡类丰度高与近岸的高生产力有关(Morgan

et al, 2003), 在本研究中, 叶绿素浓度在近岸区域较高(图 3)。

桡足类群落的另一个特点是种丰富度和丰度成反比, 即丰度较高时种类较少, 丰度低时种类较多。这与北加利福尼亚流桡足类的特点(Hooff et al, 2006)相似: 夏季少数种类形成很大的丰度, 而冬季丰度降低, 种类数增多。

### 3.3 优势种丰度从近岸到远岸的变化

优势种和乳点水蚤的丰度随断面的变化可以看作桡足类群落从近岸向远海的过渡。与中华哲水蚤、真刺水蚤、宽水蚤、小拟哲水蚤的丰度从近岸向远海降低的趋势相反, 腹突乳点水蚤、瘦乳点水蚤和粗乳点水蚤这三个种的总丰度在远海较大。虽然这三个种的总丰度和优势度不大, 但是这三个种都是热带暖水种类(陈清潮等, 1965), 因此, 可以作为外海海水对近岸影响的标志。

中华哲水蚤是西北太平洋沿岸陆架广泛分布的种, 从渤海到越南沿岸都有分布。在南海的分布格局及其季节变化的资料却很少。Hwang 等 (2005) 的调查显示从 4 月到 12 月间, 广东沿岸没有发现中华哲水蚤, 他们认为中华哲水蚤是冬季由东北季风驱动的沿岸流从东海带到南海沿岸的, 作者的调查在夏季发现了中华哲水蚤。温度是影响中华哲水蚤分布的重要因子(Uye, 2000), 生存的温度上限是 26—27 °C (Wang et al, 2003), >23 °C 时, 中华哲水蚤会感到胁迫 (Uye, 1988)。一般认为福建省以南海区出现的中华哲水蚤不是本地种, 而是冬季由中国沿岸流从东海带过来的(Hwang et al, 2005)。夏季(8 月和 9 月)在香港附近和海南岛东部发现中华哲水蚤, 而此时东北季风还没有开始, 所以这与以往的认识不同。从夏季航次的温度垂直分布看, 海南岛东侧有上升流存在。上升流区表层温度 > 23°C (图 3), 所以中华哲水蚤不太可能分布在表层, 而是分布在水温 < 23°C 的底层。虽然上升流以外的区域底部水温也小于 23°C, 但是在这些区域没有中华哲水蚤, 所以远岸的底层冷水不是中华哲水蚤的来源。在南海北部的上升流区可能有一个中华哲水蚤的度夏种群。

在近岸, 哲水蚤类群落在冬季和夏季有明显的季节变化, 夏季宽水蚤(*Temora* spp.)是第一优势种(类), 冬季中华哲水蚤是第一优势种。而在远岸由于没有明显的优势种, 所以没有明显的季节变化。文献

中很少提及本文中优势种(类)丰度的季节变化和沿断面从近岸到远海的变化。王云龙等(2005)指出精致真刺水蚤在冬季最高(可达 198 个/m<sup>3</sup>), 主要分布在浅

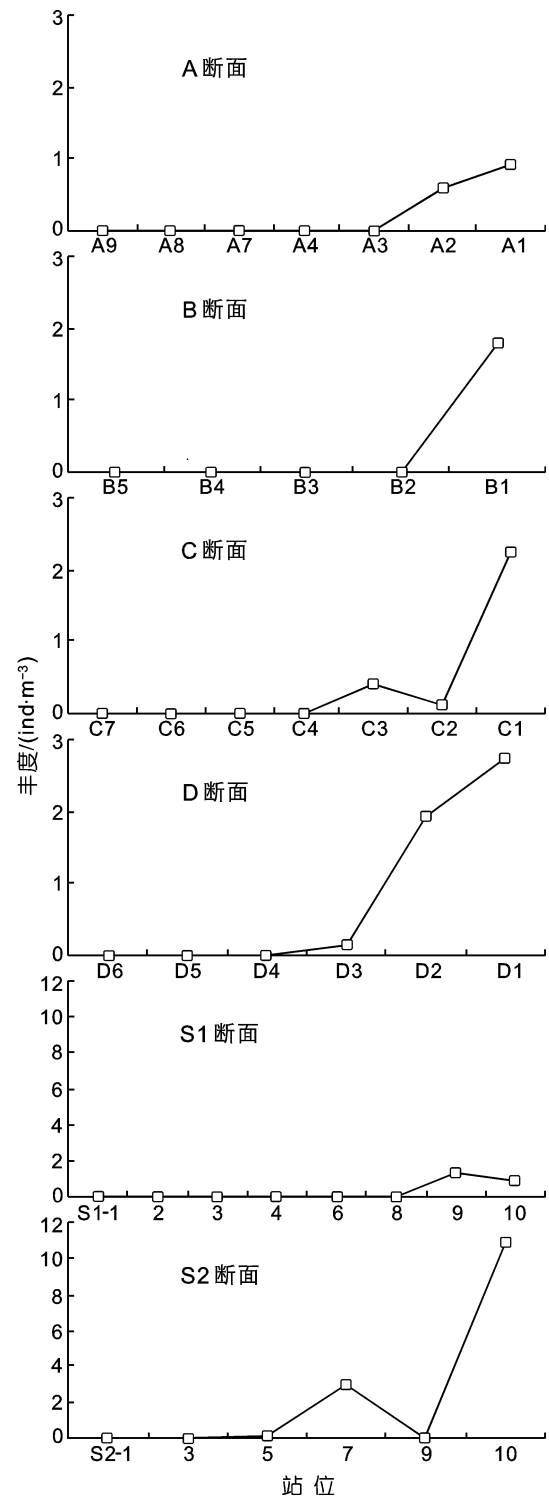


图 7 瘦乳点水蚤的丰度(个/m<sup>3</sup>)沿断面的分布  
Fig.7 Abundance (ind/m<sup>3</sup>) of *Pleuromamma gracilis* along the 6 transects



表 1 冬季和夏季航次出现的种名录和各个种的最大丰度(个/m<sup>3</sup>)和优势度<sup>1)</sup>Tab.1 Species composition, their maximum abundance (ind/m<sup>3</sup>) and dominance (no value means <0.1%) in the two cruises

中文名	学名	冬 季		夏 季	
		最大丰度	优势度(%)	最大丰度	优势度(%)
中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	225.53	22.4	16.67	1.2
瘦新哲水蚤	<i>Neocalanus gracilis</i>	2.30	0.5	3.60	0.6
隆线似哲水蚤	<i>Valanoides carinatus</i>	0.77	0.1		
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>	4.67	1.0	9.57	2.9
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i>	9.33	1.7	9.00	4.8
普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>	0.51	0.1	3.63	1.4
达氏波水蚤	<i>Cosmocalanus darwini</i>	6.30	2.1	4.40	1.9
伪细真哲水蚤	<i>Pareucalanus attenuatus</i>	1.15	0.4	1.10	0.2
狭额真哲水蚤	<i>Subeucalanus subtenuis</i>	62.44	12.0	12.60	8.9
亚强真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	17.89	1.1	52.00	6.6
瘦长真哲水蚤	<i>Eucalanus elongatus</i>	1.60	0.1	1.00	0.1
角锚哲水蚤	<i>Rhincalanus cornutus</i>	3.11	0.9	0.50	0.1
鼻锚哲水蚤	<i>R. nasutus</i>	2.55		0.43	
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	44.74	15.9	29.00	7.1
瘦拟哲水蚤	<i>P. gracilis</i>			1.00	
孔雀丽哲水蚤	<i>Calocalanus pavo</i>	0.11		0.50	0.2
短尾基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus pergens</i>	4.55	0.4	2.32	0.2
弓角基齿哲水蚤	<i>C. arcuicornis</i>	8.00	2.6	0.71	0.1
长尾基齿哲水蚤	<i>C. furcatus</i>	12.85	2.8	10.00	0.6
纪氏真鹰嘴水蚤	<i>Aetideus giesbrechti</i>	0.75	0.1	0.45	0.1
小枪水蚤	<i>Gaetanus minor</i>	0.80		0.95	
袈真胖水蚤	<i>Euchirella areata</i>	0.65	0.1	0.08	
海洋真刺水蚤	<i>Euchaeta marina</i>	3.68	1.0	2.50	1.1
精致真刺水蚤	<i>E. concinna</i>	6.50	0.7	1.00	0.1
芦氏拟真刺水蚤	<i>Paraeuchaeta russelli</i>	0.14			
刺褐水蚤	<i>Phaenna spinifera</i>	0.25			
丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i>	2.40	0.4	3.40	1.2
伯氏小厚壳	<i>Scolecithrix bradyi</i>	2.50	0.1	0.55	0.2
长刺小厚壳	<i>Scolecithricella longispinosa</i>	6.00			
锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>	7.63	0.3	72.00	7.3
异尾宽水蚤	<i>T. discaudata</i>	3.11	1.0	13.91	6.1
柱形宽水蚤	<i>T. stylifera</i>	14.17	0.8	12.31	3.8
腹突乳点水蚤	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	2.30		1.95	0.2
瘦乳点水蚤	<i>P. gracilis</i>	2.75	0.2	10.90	0.8
粗乳点水蚤	<i>P. robusta</i>	4.55	0.2	0.75	0.1
叉胸刺水蚤	<i>Centropages furcatus</i>	0.31		2.17	0.5
瘦胸刺水蚤	<i>C. gracilis</i>	1.80	0.3	1.74	0.5
瘦尾胸刺水蚤	<i>C. tenuiremis</i>	2.96			
长角胸刺水蚤	<i>C. longicornis</i>	0.10		0.64	
哲胸刺水蚤	<i>C. calaninus</i>	0.13		0.28	
中华胸刺水蚤	<i>C. sinensis</i>			1.00	
奥氏胸刺水蚤	<i>C. orsinii</i>			3.00	0.7
黄角光水蚤	<i>Lucicutia flavicornis</i>	0.85	0.1	1.60	0.3
克氏光水蚤	<i>L. clausi</i>	0.15		0.05	
卵形光水蚤	<i>L. ovalis</i>	0.14		0.70	
乳状异肢水蚤	<i>Heterorhabdus papilliger</i>	0.95	0.1	0.65	0.2
长角海羽水蚤	<i>Haloptilus longicornis</i>	1.28	0.1	1.23	0.5
伯氏平头水蚤	<i>Candacia bradyi</i>	0.27		1.30	0.1



续表

中文名	学名	冬季		夏季	
		最大丰度	优势度(%)	最大丰度	优势度(%)
厚指平头水蚤	<i>C. pachydactyla</i>	0.15		0.40	
截平头水蚤	<i>C. truncata</i>	0.45		0.77	0.3
幼平头水蚤	<i>C. catula</i>	0.80		0.50	0.2
短平头水蚤	<i>C. curta</i>	0.15		0.10	
双刺平头水蚤	<i>C. bipinnata</i>	0.53		0.10	
椭圆形长足水蚤	<i>Calanopia elliptica</i>			0.43	
小长足水蚤	<i>C. minor</i>	0.48		0.46	0.3
后截唇角水蚤	<i>Labidocera detruncate</i>			0.80	0.1
尖刺唇角水蚤	<i>L. acuta</i>	0.22		0.50	0.1
小唇角水蚤	<i>L. minuta</i>			0.50	
阔节角水蚤	<i>Pontella fera</i>			0.20	
羽小角水蚤	<i>Pontellina plumata</i>	0.32		0.22	
克氏纺锤水蚤	<i>Acartia clausi</i>	0.30		0.76	0.3
太平洋纺锤水蚤	<i>A. pacifica</i>	0.83	0.1	4.00	1.6
丹氏纺锤水蚤	<i>A. danae</i>	0.20		0.05	
小纺锤水蚤	<i>A. neglinens</i>			0.20	
瘦歪水蚤	<i>Tortanus gracilis</i>	0.37		1.00	
哲水蚤幼体		47.93		25.07	
哲水蚤群体		353.42		205.00	

1)无数值时为小于0.1%

海 60 m 等深线以内; 夏季异尾宽水蚤在珠江口附近水域主要分布在 60 m 等深线以内。本文中真刺水蚤和宽水蚤的情况与此相近。在美国俄勒冈沿岸的远岸海区, 桡足类群落也没有明显的季节变化(Keister *et al.*, 2003)。

## 参 考 文 献

- 王云龙, 沈新强, 李纯厚等, 2005. 中国大陆架及邻近海域浮游生物. 上海科学技术出版社, 1—316
- 孙儒泳编著, 1992. 动物生态学原理(第二版). 北京: 北京师范大学出版社, 356—357
- 李纯厚, 贾晓平, 蔡文贵, 2004. 南海北部浮游动物多样性研究. 中国水产科学, 11(2): 139—146
- 陈清潮, 章淑珍, 1965. 黄海和东海的浮游桡足类 I. 哲水蚤目. 海洋科学集刊, 7: 20—131
- 徐兆礼, 陈亚瞿, 1989. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲎浴场的关系. 生态学杂志, 8(4): 13—15
- 黄加祺, 郑 重, 1986. 盐度对九龙江口桡足类分布的影响. 海洋学报, 8(1): 83—91
- Berasategui A D, Menu Marque S, Gomez-Erache M *et al.*, 2006. Copepod assemblages in a highly complex hydrographic region. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 66: 483—492
- Chen Q C, Wong C K, Tam P F *et al.*, 2003. Variations in the abundance and structure of the planktonic copepod community in the Pearl River Estuary, China. In: Morton B ed. Perspectives on Marine Environment change in Hong Kong and Southern China, 1977—2001. Hong Kong University Press, Hong Kong, 389—400
- Coyle K O, Pinchuk A I, 2005. Seasonal cross-shelf distribution of major plankton taxa on the northern Gulf of Alaska shelf relative to water mass properties, species depth preferences and vertical migration behavior. Deep-Sea Research II, 52: 217—245
- Hooft R C, Peterson W T, 2006. Copepod biodiversity as an indicator of changes in ocean and climate conditions of the northern California current ecosystem. Limnology and Oceanography, 51(6): 2607—2620
- Hwang J S, Wong C K. 2005. The China Coast Current as a driving force for transporting *Calanus sinicus* (Copepoda: Calanoida) from its population centres to waters off Taiwan and Hong Kong during the winter northeast monsoon period. Journal of Plankton Research, 27: 205—210
- Keister J E, Peterson W T, 2003. Zonal and seasonal variations in zooplankton community structure off the central Oregon coast, 1998—2000. Progress in Oceanography, 57: 341—

- 361
- Kuipers B R, Witte H J, Gonzalez S R, 1993. Zooplankton distribution in the coastal upwelling system along the Banc d'Arguin, Mauritania. *Hydrobiologia*, 258: 133—149
- Lamb J, Peterson W, 2005. Ecological zonation of zooplankton in the COAST study region off central Oregon in June and August 2001 with consideration of retention mechanisms. *Journal of Geophysical Research*, 110, C10S15, doi: 10.1029/2004JC002520
- Li K Z, Yin J Q, Huang L M *et al*, 2006. Spatial and temporal variations of mesozooplankton in the Pearl River estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67: 543—552
- Lopes R M, Brandini F P, Gaeta S, 1999. Distribution patterns of epipelagic copepods off Rio de Janeiro (SE Brazil) in summer 1991/1992 and winter 1992. *Hydrobiologia*, 411: 161—174
- Morgan C A, Peterson W T, Emmett R L, 2003. Onshore-offshore variations in copepod community structure off the Oregon coast during the summer upwelling season. *Marine Ecology Progress Series*, 249: 223—236
- Papastephanou K M, Bollens S M, Slaughter A M, 2006. Cross-shelf distribution of copepods and the role of event-scale winds in a northern California upwelling zone. *Deep-Sea Research II*, 53: 3078—3098
- Ramfos A, Isari S, Somarakis S *et al*, 2006. Mesozooplankton community structure in offshore and coastal waters of the Ionian Sea (eastern Mediterranean) during mixed and stratified conditions. *Marine Biology*, 150: 29—44
- Shannon C E, Weaver W, 1963. *The mathematical theory of communication*. Illinois University Press, Urbana, 1—144
- Tan Y, Huang L, Chen Q *et al*, 2004. Seasonal variation in zooplankton composition and grazing impact on phytoplankton standing stock in the Pearl River Estuary, China. *Continental Shelf Research*, 24: 1949—1968
- Uye S, 1982. Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 38: 149—158
- Uye S, 1988. Temperature-dependent development and growth of *Calanus sinicus* (Copepoda: Calanoida) in the laboratory. *Hydrobiologia*, 167/168: 285—293
- Uye S, 2000. Why does *Calanus sinicus* prosper in the shelf ecosystem of the Northwest Pacific Ocean? *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1850—1855
- Verity P, Smetacek V, 1996. Organism life cycles, predation, and the structure of marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 130: 277—293
- Wang R, Zuo T, Wang K, 2003. The Yellow Sea cold bottom water—an overwintering site for *Calanus sinicus* (Copepoda, Crustacea). *Journal of Plankton Research*, 25: 169—183

## PLANKTONIC CALANOID COMMUNITY IN THE NORTHERN SOUTH CHINA SEA IN WINTER AND SUMMER

ZHANG Wu-Chang<sup>1,2</sup>, GAO Shang-Wu<sup>1</sup>, SUN Jun<sup>1</sup>, TAO Zhen-Cheng<sup>1</sup>, YANG Bo<sup>1</sup>, SUN Song<sup>1</sup>

(1.Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; 2.Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeochemistry, State Oceanic Administration, Hangzhou, 310012)

**Abstract** Calanoid copepod community in the northern South China Sea was studied with samples collected by vertically towing a net (80 cm diameter, 500  $\mu\text{m}$  mesh) from February 10 to March 6 (winter) and from August 26 to September 6 (summer), 2004. Totally, 70 species of Calanoid copepods were identified, of which 62 species in winter and 62 in summer. The species number found in each station ranged 4 to 41. Total abundance of copepods varied 10 to 353 ind/ $\text{m}^3$  in winter and 13 to 205 ind/ $\text{m}^3$  in summer. Dry weight of copepods was 0.80 to 33.39 mg/ $\text{m}^3$  in winter and 0.64 to 5.81 mg/ $\text{m}^3$  in summer. The copepod species diversity index (Shannon-Weaver  $H'$ ) was 0.80 to 4.39 in winter and 2.12 to 4.66 in summer. The abundance and dry weight was lower with more species and higher diversity index in offshore stations than in shelf stations. The dominant species (dominance index  $>2\%$ ) in winter were: *Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus*, *Subeucalanus subtenuis*, *Clausocalanus arcuicornis*, *C. furcatus* and *Cosmocalanus darwini*; and in summer: *Canthocalanus pauper*, *Nannocalanus minor*, *Subeucalanus subtenuis*, *Subeucalanus subcrassus*, *Paracalanus parvus*, *Temora turbinata*, *T. discaudata* and *T. stylifera*. The total abundance of these species was 15%—92% (average 48%) of the copepod abundance in all the stations. Some species with dominance index  $>5\%$  were *Calanus sinicus*, *Temora turbinata*, *Paracalanus parvus* and *Subeucalanus subtenuis*. Their abundance declined from shelf to offshore waters except *S. subtenuis*. Warm water species *Pleuromamma abdominalis*, *P. gracilis* and *P. robusta* occurred in offshore waters in both seasons. Thus, our data of Calanoid copepod species richness, abundance, diversity index and shelf-offshore occurrence of dominant species show obvious community succession from shelf to offshore waters.

**Key words** Calanoid, Copepod, Diversity, South China Sea