研究简报

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2011.00183

舟山渔场及邻近海域浮游动物种类组成及群落结构特征

俞存根[1] 陈小庆[1] 胡颢琰[2] 黄 备[2] 郑 基[1] 覃 涛[1] 宁 平[1,3]

(1. 浙江海洋学院水产学院, 舟山 316004; 2. 浙江省舟山海洋生态环境监测站, 舟山 316000;
3. 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

SPECIES COMPOSITION AND COMMUNITY STRUCTURE CHARACTERISTICS OF ZOOPLANKTON IN THE ZHOUSHAN FISHING GROUND AND ITS ADJACENT AREA

YU Cun-Gen[1], CHEN Xiao-Qing[1], HU Hao-Yan[2], HUANG Bei[2], ZHENG Ji[1], QIN Tao[1] and NING Ping[1,3]

(1. *Fishery College of Zhejiang Ocean University*, *Zhoushan* 316004; 2. *Zhoushan Marine Ecological Environment Monitoring Station*, *Zhoushan* 316000; 3. *Second Institute of Oceanography*, *State Oceainc Adminstration*, *Hangzhou* 310012)

关键词: 浮游动物; 种类组成; 群落结构特征; 舟山渔场及邻近海域

Key words: Zhoushan Fishing Ground; Zooplankton; Species composition; Community characteristics

中图分类号: Q145^{+}.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2011)01-0183-11

海洋浮游动物在海洋生态系统中属于次级生产者, 它是海洋经济鱼虾蟹类的重要基础饵料, 是形成优良渔场的重要条件, 浮游动物的种类组成和数量分布对渔场的形成以及渔业生产具有重要意义[1—3]。同时, 浮游动物因其生命周期较短, 易受环境变化的影响, 很多种类的分布与气候及水文环境因子密切相关, 可用作暖流、寒流的指示动物, 还有不少种类可作为环境污染的指示生物[4—6]。因此, 研究掌握浮游动物的种类组成和群落结构特征对了解与研究海洋生态系统的结构、功能运转以及渔业资源和渔场等具有十分重要的意义。

舟山渔场位处长江、钱塘江、甬江等河流的入海交汇区, 西部主要受由长江、钱塘江、甬江等大陆径流形成的江浙沿岸水的影响, 东部主要受台湾暖流带来的外海高盐水的影响, 北部还有黄海冷水团的季节性分布, 加上散布着的上千个大大小小的岛屿, 独特的地理和水文环境条件, 致使海域营养盐丰富, 浮游动物种类繁多。到目前为止, 有关东海浮游动物研究已有较多报道[7—10], 还有不少是关于长江口及邻近海区的浮游动物种类组成[11,12]、数量分布[13,14]、多样性及生态类型[15,16]等特征研究的, 但是对著名的舟山渔场的浮游动物的专题研究还很少。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(29°30′—31°30′ N, 125°00′ E 以西)四个季节的浮游动物调查资料, 对浮游动物的种类组成及群落结构特征进行了研究分析, 以期为今后舟山渔场海洋生态系统修复和环境保护提供基础材料。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据取自 2006 年 8 月(夏)、2007 年 1 月(冬)、5 月(春)和 11 月(秋)"浙定渔 11132"在舟山渔场及其邻近海域(29°30′ N—31°30′ N, 125°00′ E 以西)开展海洋生态系统综合调查所获得的浮游动物调查资料。共设 20 个调查站位(图 1), 样品采集用中型浮游生物网(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。将每个季节、每个站位的浮游动物统一换算为单位水体中的个体数(ind./m^3)。

各测站同步调查水温(T)、盐度(S)、悬浮物(SPM)、pH、化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)、磷酸盐(PO_4)和硅酸盐(SiO_4)等 9 项环境因子。样品的采集、处理及环境指标的测定等按《海洋调查规范》(国家技术监督局, 1991)进行。

收稿日期: 2010-04-27; **修订日期:** 2010-10-29

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

通讯作者: 俞存根(1960—), 男, 浙江永康人; 教授; 主要从事渔业资源与渔业生态学研究。E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

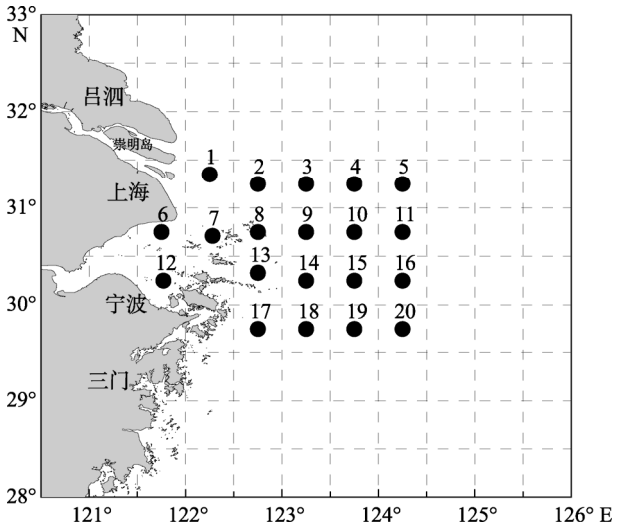

图 1 调查站位分布图(●)

Fig. 1 The sampling stations(●)

1.2 数据分析

优势度计算 优势度计算公式(*Y*): $Y=\frac{n_i}{N}\times f_i$, 式中, n_i为第 *i* 种浮游动物的个体数, *N* 为浮游动物总个体数, f_i为第 *i* 种浮游动物在 *m* 次取样中出现的频率, *m* 为取样次数。优势度由 Microsoft Office Excel 2003 计算得到。

优势种更替率(*R*)计算 优势种更替率(*R*)[15]: $R=\frac{a+b-2c}{a+b-c}\times 100\%$, 其中 *a*, *b* 为相邻两期优势种种数, *c* 为共同优势种。

生物多样性分析 多样性计算方法如下:

(1) Margalef 的种类丰富度指数(*D*): $D=(S-1)/\log_2 N$, 式中, *S* 为浮游动物总种数, *N* 为所有浮游动物总个体数。

(2) Shannon-Wiener 多样性指数(*H*′): $H'=-\sum_{i=1}^{S}P_i\log_2 P_i$, 式中, *H*′为浮游动物种类多样性, $P_i=P_i/N$ n_i是第 *i* 种浮游动物占总个体数的比例, *N* 为所有浮游动物总个体数。

(3) Pielou 均匀度指数(*J*′): $J'=H'/\log_2 S$, 式中, *J*′为浮游动物种类均匀度, *S* 为浮游动物总种数。

典范对应分析 本文采用 Canoco for Windows 4.5 软件对浮游动物群落和环境数据进行 CCA 分析。在进行分析之前, 物种数据要经过处理, 本文用于排序的物种需满足以下条件: 该物种在各样点出现的频度 > 5%, 且至少一个样点的相对密度≥1%[17,18]。文中的物种数据和环境参数进行了对数 log(*x* + 1)转换, 以使它们的分布更接近正态分布。

在春季调查时的 2 号站位、冬季调查时的 6、12 号站位, 由于浮游动物调查采样失败, 故不做具体分析研究。

2 结 果

2.1 种类组成

季节变化 调查海域浮游动物的种类组成及变化(附表 1)。4 次调查采获浮游动物共计 150 种和浮游幼虫(体)23 个类群, 其中, 以桡足类占绝对优势(为 71 种, 占 41.04%), 浮游幼虫(体)次之(为 23 种, 占 13.29%), 头足类、涟虫类和等足类等的种类数最少(各 1 种, 占 0.59%)。不同季节出现的种类数量不同, 优势种出现季节更替, 其中以夏季出现的种类数最多, 冬季次之, 秋季和春季较少。四个季节都出现的种类只有 41 种, 占浮游动物总种类数的 23.59%。

平面分布 舟山渔场及邻近海域浮游动物种类数的平面分布(图 2)。春季浮游动物种类数分布呈现南部低, 北部高的特征, 夏、冬季种类数分布则与之相反。春季各站位的种类数较少, 但分布较均匀, 种类数大于 20 种的站位主要集中在 31°00′ N 以北及外侧海域。夏、冬季种类数较多, 大部分调查海域的种类数大于 20 种, 并且在其南部和部分外海海域种类数均大于 30 种。秋季除长江口、杭州湾部分海域和舟山渔场东南部海域种类数大于 20 种外, 其他大部分海域或者说站位的种类数均介于 10—20 种左右。

2.2 优势种

本文根据徐兆礼等在研究东黄海浮游动物时, 将优势度 Y≥0.02 时的浮游动物确定为优势种的标准确定舟山渔场及邻近海域浮游动物的优势种[1](表 1)。从表 1 中可以看出, 舟山渔场及邻近海域共有优势种 16 种, 其中四个季节都为优势种的为中华哲水蚤(*Calanus sinicus*), 三个季节为优势种的有百陶箭虫(*Sagitta bedoti*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)、双生水母(*Diphyes chamissonis*)。二个季节为优势种的有肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)、长尾类幼虫(*Mccruran larva*)、普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)、微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)。根据优势种更替率 *R* 值分析, 结果表明: *R* 值以春-夏季最高, 为 91.67%, 冬-春季次之, 为 87.50%, 夏-秋-冬季均为 66.67%。由此可见在冬季转至春季、春季转至夏季时期优势种类随着季节的变化而出现明显的更替。

2.3 生物多样性

根据四个季节的浮游动物生物多样性指数计算结果表明, 舟山渔场及邻近海域夏季浮游动物的种类丰富度指数(*D*)、Shannon-Wiener 多样性指数(*H*′)和 Pielou 均匀度指数(*J*′)分别为 3.15、3.30 和 0.69, 冬季则分别为 3.09、3.27 和 0.70, 两个季节三个指数的差异较小, 且均较高, 而秋季是 Pielou 均匀度指数(*J*′)最高(0.75), 但种类丰富度指数(*D*)偏小(2.38), 因此, Shannon-Wiener 多样性指数(*H*′)相对较小(3.23), 春季三个指数平均值均属最低, 分别为

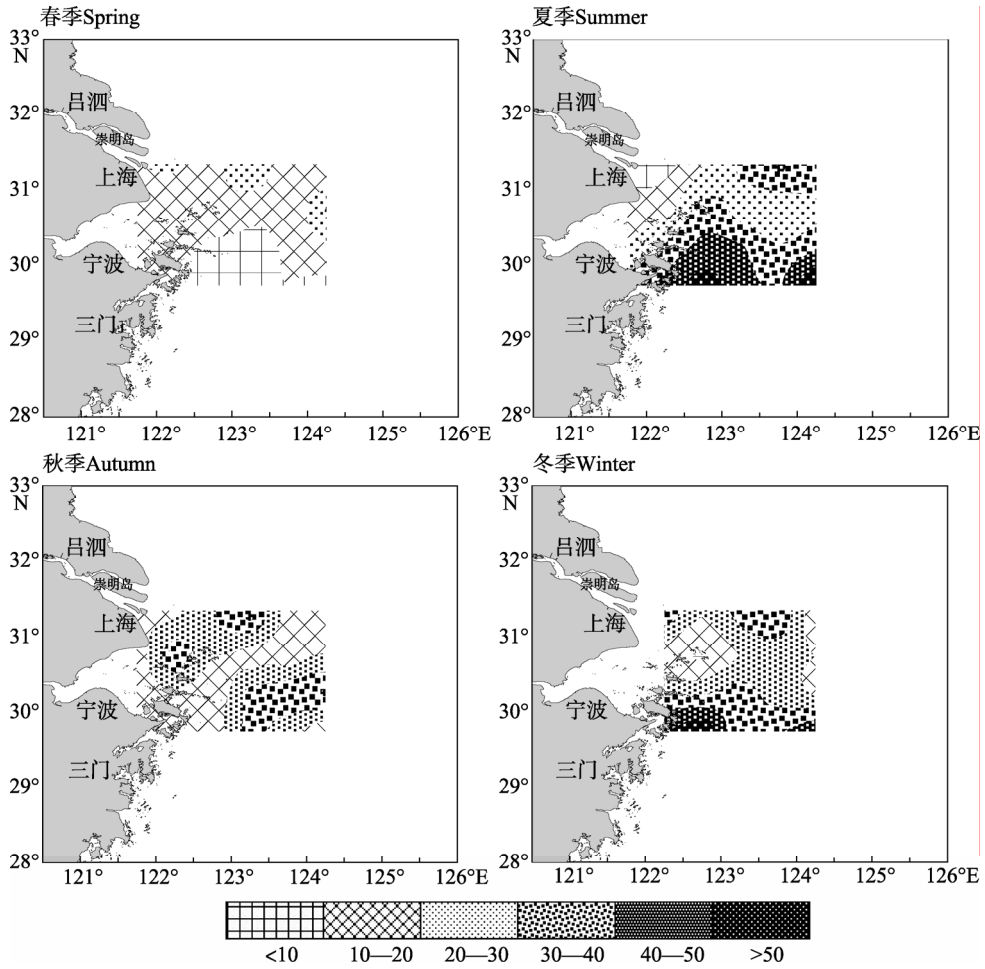

图 2　舟山渔场及邻近海域浮游动物种类数平面分布

Fig. 2　Distribution of number of species of zooplankton in the Zhoushan fishing ground and its adjacent area

表 1　舟山渔场及邻近海域浮游动物优势种优势度的季节变化

Tab. 1　Seasonal variations in dominance of dominant species of zooplankton in the Zhoushan fishing ground and its adjacent area

种类 Species	相对重要性指数(*Y*)			
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
百陶箭虫 *Sagitta bedoti*	*	0.04	0.09	0.03
背针胸刺水蚤 *Centropages dorsispinatus*	—	0.02	*	*
半口壮丽水母 *Aglaura hemistoma*	*	*	*	0.02
长尾类幼虫 *Mccruran larva*	*	0.03	*	0.03
肥胖箭虫 *Sagitta enflata*	*	0.06	0.07	*
肥胖三角　*Evadne tergestina*	—	0.02	—	*
精致真刺水蚤 *Euchaeta concinna*	*	0.09	0.05	0.15
普通波水蚤 *Undinula vulgaris*	—	0.03	—	0.04
软拟海樽 *Dolioletta gegenbauri*	*	0.09	*	*
双生水母 *Diphyes chamissonis*	*	0.02	0.03	0.03
太平洋纺锤水蚤 *Acartia pacifica*	*	0.02	*	*
微刺哲水蚤 *Canthocalanus pauper*	—	0.03	*	0.06
亚强真哲水蚤 *Eucalanus subcrassus*	*	*	0.15	*
缘齿厚壳水蚤 *Scolecithrix nicobarica*	*	*	0.06	*
针刺拟哲水蚤 *Paracalanus aculeatus*	*	*	0.03	*
中华哲水蚤 *Calanus sinicus*	0.90	0.03	0.07	0.02

注: * 表示 $Y < 0.02$; —表示没有出现

Note: * means $Y < 0.02$; — means not occurring

1.36、1.32 和 0.34。这说明夏、冬季浮游动物群落结构较为稳定, 而春季的稳定性则相对较差。分析多样性指数(*H′*)的变化范围发现, 春季波动范围较大(0.16—3.27), 其次是夏季(1.83—4.45), 以秋季最小(2.06—4.29), 这也正好说明了浮游动物栖息的各站点的环境条件在春、夏季差异较大、而秋季差异较小的特征。

2.4 浮游动物与环境因子关系的 CCA 分析

春季, 浮游动物群落与水温(T)、盐度(S)、悬浮物(SPM)、pH、化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)、磷酸盐(PO_4)和硅酸盐(SiO_4)等 9 个环境因子的 CCA 排序结果(图 3)。从图中可以看出, 前两个排序轴的特征值分别为 0.588 和 0.142, 达到总特征值(1.450)的 40.6%和总典范分析特征值(1.003)的 58.6%, 而且环境因子轴与种类排序轴间的相关系数分别为 0.992 和 0.748, 两个种类排序轴近似垂直(相关系数 0.0157), 两个环境排序轴的相关系数为 0, 表明排序结果能较好地反映浮游动物与这 9 个环境因子的关系。

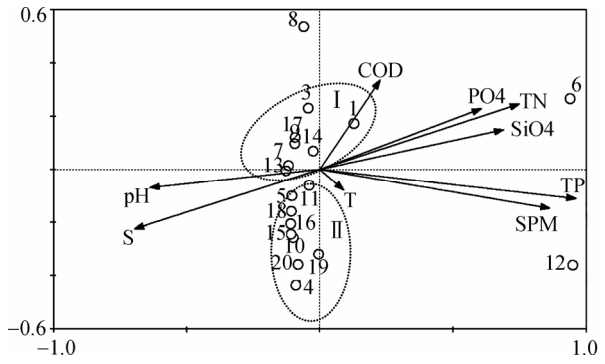

图 3 春季浮游动物站位与环境因子的 CCA 排序

Fig. 3 CCA ordination biplot between sampling stations and environmental factors in Spring

CCA 第一排序轴与总磷(TP)和悬浮物(SPM)呈很强的正相关, 其次为总氮(TN)、硅酸盐(SiO_4)和磷酸盐(PO_4), 相关系数分别为 0.9536、0.8480、0.7258、0.6655 和 0.6049, 而与盐度(S)、pH 呈现较强的负相关, 相关系数分别为 –0.6897、–0.6318。第二排序轴与溶解氧(COD)呈一定的负相关, 相关系数为–0.2508。

依据 CCA 排序结果, 可以大致的将调查站位归为 2 组。组Ⅰ主要包括 123°30′ E 以西调查海域站位, 位于第二排序轴的正方向。组Ⅱ主要包括 123°30′ E 以东调查海域站位, 位于第二排序轴的负方向。

夏季, 浮游动物群落与 9 个环境因子的 CCA 排序结果(图 4)。从图中可以看出, 前两个排序轴的特征值分别为 0.381 和 0.201, 达到总特征值(1.738)的 33.5%和总典范分析特征值(1.136)的 51.3%, 而且环境因子轴与种类排序轴间的相关系数分别为 0.990 和 0.934,两个种类排序轴近似垂直, 相关系数 0.0134, 两个环境排序轴的相关系数为 0, 表明排序结果可靠, 也能够较好地反映浮游动物与 9 个环境因子的关系。

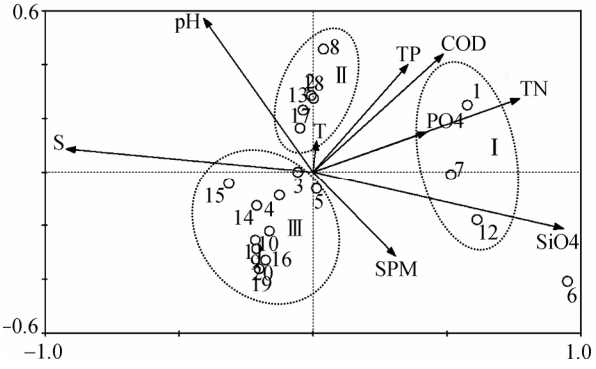

图 4 夏季浮游动物站位与环境因子的 CCA 排序

Fig. 4 CCA ordination biplot between sampling stations and environmental factors in Summer

CCA 第一排序轴与硅酸盐(SiO_4)呈很强的正相关, 其次为总氮(TN)和溶解氧(COD)相关系数分别为 0.9236、0.7609 和 0.4815, 而与盐度(S)呈现很强的负相关, 其相关系数为–0.9104。第二排序轴与 pH 呈较强相关(相关系数 0.5009), 其次是溶解氧(COD)、总磷(TP), 其相关系数为 0.3847、0.3511。

依据 CCA 排序结果, 可以大致的将调查站位归为 3 组。组Ⅰ主要包括长江口、杭州湾附近海域站位, 位于第一排序轴的正方向。组Ⅱ主要包括外海高盐水与沿岸径流相交汇的混合水域站位, 位于第二排序轴的正方向。组Ⅲ主要分布在第一、二排序轴的负方向, 主要是 123°00′ E 以东调查海域站位。

秋季, 浮游动物群落与 9 个环境因子的 CCA 排序结果(图 5)。从图中可以看出。前两个排序轴的特征值分别为 0.481 和 0.205, 达到总特征值(1.657)的 41.4%和总典范分析特征值(1.196)的 57.4%, 且环境因子轴与种类排序轴间的相关系数分别为 0.988 和 0.932,两个种类排序轴近似垂直, 相关系数 0.0271, 两个环境排序轴的相关系数为 0, 表明排序结果同样能较好地反映浮游动物与 9 个环境因子的关系。

CCA 第一排序轴与悬浮物(SPM)、硅酸盐(SiO_4)和总氮(TN)呈很强的正相关, 相关系数分别为 0.8966、0.8842 和 0.8762, 其次为总磷(TP)和磷酸盐(P), 相关系数分别为 0.6894 和 0.6510, 而与温度(T)、盐度(S)呈现较强的负相关, 其相关系数为–0.6852、–0.6282。第二排序轴与 pH 呈负相关, 相关系数–0.4337。

依据 CCA 排序结果, 可以将调查站位归为 1 组。即本次调查的所有站位。

冬季, 浮游动物群落与 9 个环境因子的 CCA 排序结

果(图 6)。从图中可以看出。前两个排序轴的特征值分别为 0.398 和 0.294, 达到总特征值(1.728)的 40.1%和总典范分析特征值(1.277)的 54.2%, 而且环境因子轴与种类排序轴间的相关系数分别为 0.923 和 0.913,两个种类排序轴近似垂直(相关系数 0.0442), 两个环境排序轴的相关系数为 0, 表明排序结果说明, 冬季也和其他季节一样, 能较好地反映浮游动物与 9 个环境因子的关系。

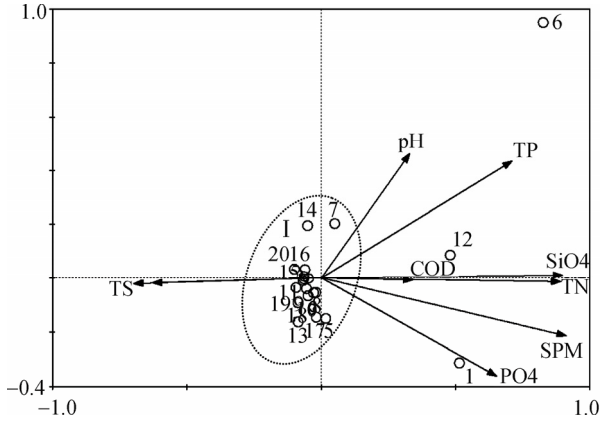

图 5　秋季浮游动物站位与环境因子的 CCA 排序

Fig. 5　CCA ordination biplot between sampling stations and environmental factors in Autumn

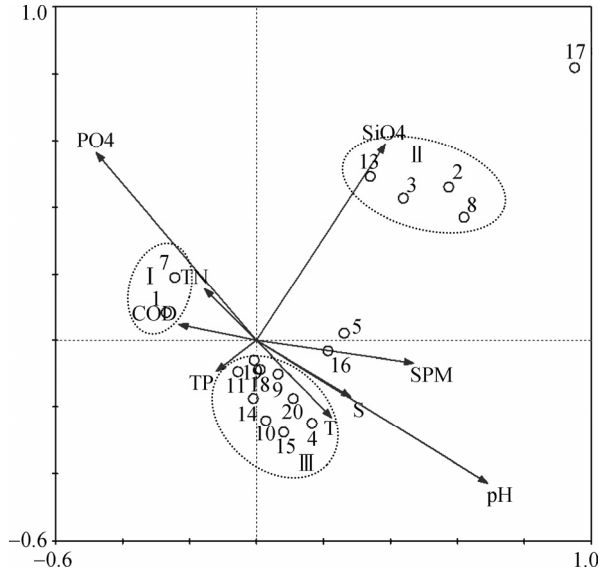

图 6　冬季浮游动物站位与环境因子的 CCA 排序

Fig. 6　CCA ordination biplot between sampling stations and environmental factors in Winter

CCA 第一排序轴与 pH 和硅酸盐(SiO_4)呈一定的正相关, 相关系数分别为 0.5859、0.4222。第二排序轴与磷酸盐(PO_4)、硅酸盐(SiO_4)呈较强正相关, 相关系数 0.6028、0.5245。

依据 CCA 排序结果, 可以大致的将调查站位归为 3 组, 与夏季的相似。组Ⅰ主要包括长江口、杭州湾附近海域站位, 位于第一排序轴的负方向, 与磷酸盐(PO_4)、总氮(TN)和溶解氧(COD)呈较强相关性。组Ⅱ主要包括外海高盐水与沿岸径流相交汇的混合水域站位, 位于第二排序轴的正方向, 与硅酸盐(SiO_4)呈较强相关性。组Ⅲ主要分布在第二排序轴的负方向, 主要以 123°00′ E 以东调查海域站位。

3　讨　论

3.1　种类数组成的变化特征

根据 4 个季度月调查采获的浮游动物样品分析鉴定结果, 本次调查共有浮游动物 150 种和浮游幼虫 23 个类群, 浮游动物出现的种类数随季节变化而变化, 分别是春季为 60 种、夏季为 104 种、秋季为 83 种、冬季为 90 种(不包括浮游幼虫), 与渤海相比, 其春、秋两季的浮游动物种类数远远大于渤海, 但是两个海域均以桡足类种类最多[19]。本次调查夏、秋季的种类数与章飞燕等[20]对长江口及毗邻海域调查所得的种类数相当。另外, 本次调查春、秋季的浮游动物种类少于舟山群岛邻近海域浮游动物种类[21], 这可能主要是舟山群岛邻近海域的水螅水母类较多引起的。调查海域浮游动物种类数分布总体上呈现外侧海域高、内侧河口区低的分布特征, 这是由于受近岸冲淡水的影响, 河口区的水温和盐度普遍较低, 适合该水域环境的浮游动物种类少, 种类数较多的往往位于不同水系相交汇的混合水域的外侧。同时受太阳辐射和外海高温高盐水的混合作用, 水温由北往南逐渐升高。冬、夏季调查海域种类数南部多于北部。但是春季则相反, 在调查海区北部出现一个种类数密集区, 主要以浮游动物幼虫为主。这可能是因为春季水温开始上升, 南北温差变小, 大量的浮游动物开始繁殖之故。

3.2　优势种与生物多样性的变化特征

调查结果显示, 四个季度月的优势种更替率明显, 春季以中华哲水蚤为绝对优势种, 夏季以软拟海樽、精致真刺水蚤和肥胖箭虫为优势种, 但在秋季, 主要优势种更替为亚强真哲水蚤、中华哲水蚤和肥胖箭虫等。此外, 精致真刺水蚤为热带种, 但在本研究中发现精致真刺水蚤为冬季的第一优势种, 超过中华哲水蚤, 该现象产生的原因尚待进一步探索研究。

舟山渔场及邻近海域浮游动物的 Shannon-Wiener 多样性指数(H')较高。其中又以夏季的生物多样性指数最高, 冬季次之, 春季最低。这是因为春季浮游动物种类数较少, 中华哲水蚤大量繁殖, 优势种突出, Pielou 均匀度指数(J')较小, 导致春季的多样性指数(H')较小。Shannon-Wiener 多样性指数(H')四个季节的平均值为 2.77, 明显低于南海北部(3.90)[22], 表明低纬度海域的浮游动物多样性高于中、高纬度海域的浮游动物多样性的特征。根据郭沛涌等对长江口丰水期和枯水期浮游动物的多样性情况研究结

果[11], 多样性指数(*H'*)分别为 2.2499(1999 年枯水期)、2.9136(1999 年丰水期)、2.6193(2000 年枯水期); 而根据徐兆礼对长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势进行了研究结果[23], 多样性指数(*H'*)分别为 2.22(2001 平水期)、1.56(2002 平水期)、2.30(2003)平水期、2.45(2003 丰水期), 都表明舟山渔场及邻近海域浮游动物多样性指数(*H'*)略高于与长江口的浮游动物多样性指数(*H'*), 但这也不排除由于调查时间不同造成的差异。

3.3 浮游动物群落与环境因子的关系

国内有关长江口及邻近海域浮游动物的研究很多, 但以往研究中多从种类组成、数量分布、生物多样性等方面进行研究, 而未将浮游动物与环境因子很好的结合研究[11, 13, 24−27]。本文对舟山渔场及邻近海域的浮游动物与环境因子进行典范对应分析, 结果表明浮游动物的分布受水温(T)、盐度(S)、悬浮物(SPM)、pH、化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)、磷酸盐(PO_4)和硅酸盐(SiO_4)等环境因子的影响。但是由于随着季节更替, 水系消长, 不同季节各环境因子影响物种分布的大小有所差异。CCA 排序很好地解释了浮游动物群落与环境之间的内在联系, 同时也间接的反映出不同物种的生态分化现象[28]。在对舟山渔场及邻近海域浮游动物与环境因子生态调查的基础上, 应用典范对应分析对其进行梯度排序, 可以发现浮游动物群落结构对环境因子的响应,为该海域的浮游动物群落生态学研究提供更好的依据。

参考文献:

[1] Xu Z L, Chen Y Q. Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1989, **8**(4): 13—15 [徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲐鱼渔场的关系. 生态学杂志, 1989, **8**(4): 13—15]

[2] Xu Z L, Cui X S, Huang H L. Distribution of zooplankton in Ommastrephes batrami fishing ground of the North Pacific Ocean and its relationship with the fishing ground [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, **28**(5): 515—521 [徐兆礼, 崔雪森, 黄洪亮. 北太平洋柔鱼渔场浮游动物数量分布及与渔场的关系. 水产学报, 2004, **28**(5): 515—521]

[3] Huang J Q, Xu J D, Li S J. Distribution control on bio-productivity of zooplankton and medium plankton net of north part of Taiwan Strait [J]. *Chinese Collected Oceanic Works*, 1997, **7**: 177—188 [黄加祺, 许建东, 李少菁. 台湾海峡北部海域中小型浮游动物的分布及其对生物生产力的调控. 中国海洋学文集, 1997, **7**: 177—188]

[4] Yang G M, He D H, Wang C S, *et al*. Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan Ⅱ. Community characteristics [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1999, **21**(6): 72—80 [杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 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]

[5] Yang G M, He D H, Wang C S, *et al*. Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan Ⅲ. Indicator species [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2000, **22**(1): 93—101 [杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 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]

[6] Chen Y Q, Xu Z L, Wang Y L, *et al*. An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang River Estuary Area Ⅱ species composition, community structure and indicator species [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, **2**(1): 59—63 [陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 等. 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]

[7] Xu Z L, Wang R, Chen Y Q. Study on ecology of meso-small pelagic copepods in the Southern Yellow Sea and the East China Sea Ⅰ. Quantitative distribution [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27**(Suppl.): 1—8 [徐兆礼, 王荣, 陈亚瞿. 黄海南部及东海中小型浮游桡足类生态学研究Ⅰ. 数量分布. 水产学报, 2003, **27**(增刊): 1—8]

[8] Xu Z L, Chao M, Chen Y Q. Distribution characteristics of zooplankton biomass in the East China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2004, **26**(3): 93—101 [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]

[9] Xu Z L, Wang R, Chen Y Q. Study on ecology of meso-small pelagic copepods in the Southern Yellow Sea and the East China Sea Ⅱ. species composition and community characteristics [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27**(Suppl.): 9—15 [徐兆礼, 王荣, 陈亚瞿. 黄海南部及东海中小型浮游桡足类生态学研究Ⅱ. 种类组成及群落特征. 水产学报, 2003, **27**(增刊): 9—15]

[10] Chen Y Q, Xu Z L, Zhao W W. Study on ecology of meso-small pelagic copepods in the Southern Yellow Sea and the East China Sea Ⅲ. dominant species [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27**(Suppl.): 16—22 [陈亚瞿, 徐兆礼, 赵文武. 黄海南部及东海中小型浮游桡足类生态学研究Ⅲ. 优势种. 水产学报, 2003, **27**(增刊): 16—22]

[11] Guo P Y, Shen H T, Liu A C, *et al*. The species composition, community structure and diversity of zooplankton in Changjiang estuary [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(5): 892—899 [郭沛勇, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河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]

[12] Chen Y Q, Xu Z L, Wang Y L, *et al*. An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang River Estuary Area Ⅲ vertical distribution of dominant species [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, **2**(1): 64—70 [陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 等. 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]

[13] Wang K, Wang R, Zuo T, *et al*. Analysis of zooplankton

biomass in Changjiang River estuary and adjacent waters [J]. *Oceanologia Etlimnologia Sinica*, 2004, **35**(6): 568—576 [王克, 王荣, 左涛, 等. 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]

[14] Chen Y Q, Xu Z L, Wang Y L. An ecological study on zooplanktion in plume front zone of Changjiang (Yangtze) river estuarine area Ⅰ biomass distribution of dominant species [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, **2**(1): 49—58 [陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙. 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]

[15] Xu Z L, Shen X Q, Ma S W. Ecological characters of zooplankton dominant species in the waters near the Changjiang estuary in spring and summer [J]. *Marine Sciences*, 2005, **29**(12): 13—19 [徐兆礼, 沈新强, 马胜伟. 春、夏季长江口邻近水域浮游动物优势种的生态特征. 海洋科学, 2005, **29**(12): 13—19]

[16] Xu Z L, Wang Y L, Bai X M, *et al*. An ecological study on zooplankton in the Chang estuary [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, **6**(5): 55—58 [徐兆礼, 王云龙, 白雪梅, 等. 长江口浮游动物生态研究. 中国水产科学, 1999, **6**(5): 55—58]

[17] Lopes M R M, Bicudo C E M, Ferragut M C. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil [J]. *Hydrobiologia*, 2005, **542**: 235—247

[18] Muylaert K, Sabbe K, Vyverman W. Spatial and temporal dynamics of phytoplankton communities in a freshwater tidal estuary (Schelde, Belgium) [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2000, **50**: 673—687

[19] Zhang W C, Wang K, Gao S W, *et al*. Zooplankton in the Bohai Sea in spring and autumn [J]. *Oceanologia Etlimnologia Sinica*, 2002, **33**(6): 630—639 [张武昌, 王克, 高尚武, 等. 渤海春季和秋季的浮游动物. 海洋与湖沼, 2002, **33**(6): 630—639]

[20] Zhang F Y, Tang J L, Li D J, *et al*. Zooplankton distribution and variation in the Yangtze estuary and its adjacent waters in summer and autumn [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, **33**(6): 1219—1225 [章飞燕, 唐静亮, 李道季, 等. 夏、秋季长江口及毗邻海域浮游动物的分布与变化. 水生生物学报, 2009, **33**(6): 1219—1225]

[21] Zhang J, Yang G M, Wang C S, *et al*. Ecological study of zooplankton in the waters near the Zhoushan ArchipelagoI. Species composition and quantitative distribution [J]. *Journal of Marine Sciences*, 2008, **26**(4): 20—27 [章菁, 杨关铭, 王春生, 等. 舟山群岛邻近海域浮游动物生态研究Ⅰ. 种类组成与数量分布. 海洋学研究, 2008, **26**(4): 20—27]

[22] Li C H, Jia X P, Cai W G. Diversity of marine zooplankton in the north of South China Sea [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2004, **11**(2): 139—146 [李纯厚, 贾晓平, 蔡文贵. 南海北部浮游动物多样性研究. 中国水产科学, 2004, **11**(2): 139—146]

[23] Xu Z L. Character of zooplankton community and its variation in the water near the Yangtze River estuary [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, **24**(7): 780—784 [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]

[24] Chen Y Q, Zheng G X, Zhu Q Q. A preliminary study of the zooplankton in the Changjiang estuary area [J]. *The Donghai Institute of Marine Fisheries*, 1985, **3**(3): 53—61 [陈亚瞿, 郑国兴, 朱启琴. 长江口区浮游动物初步研究. 东海海洋, 1985, **3**(3): 53—61]

[25] Xu Z L, Wang Y L, Yuan Q, *et al*. The study on assemblage density of copepods dominants in plume front zone of the Changjiang estuary [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, **6**(5): 15—19 [徐兆礼, 王云龙, 袁骐, 等. 长江河口锋区桡足类优势种聚集特征的研究. 中国水产科学, 1999, **6**(5): 15—19]

[26] Wang J H, Huang X Q, Liu A C, *et al*. Tendency of the biodiversity variation nearby Changjiang estuary [J]. *Marine Science Bulletin*, 2004, **23**(1): 32—39 [王金辉, 黄秀清, 刘阿成, 等. 长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析. 海洋通报, 2004, **23**(1): 32—39]

[27] Xu Z L, Shen X Q. Zooplankton biomass and its variation in water near Changjiang estuary [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, **14**(3): 282—286 [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]

[28] Luan Q S, Sun J, Song S Q, *et al*. Canonical correspondence analysis of summer phytoplankton community and its environment in the Yangtze estuary, China [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2007, **31**(3): 445—450 [栾青杉, 孙军, 宋书群, 等. 长江口夏季浮游植物群落与环境因子的典范对应分析. 植物生态学报, 2007, **31**(3): 445—450]

附表 1 舟山渔场及邻近海域浮游动物调查名录

Appendix Tab. 1 Investigation list of zooplankton in the Zhoushan fishing ground and its adjacent area

种名 Species name	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
一、原生动物 Protozoa				
1. 泡抱球虫 *Globigerina bulloides*		+		+
二、水螅水母类 Hydromedusae				
2. 不列颠高手水母 *Bougainvillia britannica*	+	+	+	
3. 双手水母 A*mphinema dinema*		+		
4. 日本长管水母 *Sarsia nipponica*				+
5. 耳状囊水母 *Euphysa aurata*	+			
6. 澳洲多管水母 *Aequorea australis*		+		+
7. 锥形多管水母 *Aequorea conica*			+	
8. 卡拟杯水母 *Phialucium carolinae*		+		
9. 锡兰和平水母 *Eirene ceylonensis*			+	
10. 半球美螅水母 *Clytia hemisphaerica*	+	+		
11. 薮枝水母属 *Obelia* sp.	+	+	+	+
12. 杯水母属 *Phialidium* sp.			+	
13. 拟杯水母属 Phialucium sp.	+		+	
14. 四叶小舌水母 *Liriope tetraphylla*	+	+	+	+
15. 半口壮丽水母 *Aglaura hemistoma*	+	+	+	+
16. 四手筐水母 *Aegina citrea*		+	+	+
17. 八手筐水母 *Aeginura grimaldii*		+		
18. 两手筐水母 *Solmundella bitentaculata*	+	+	+	+
三、管水母类 Siphonophora				
19. 华丽盛装水母 *Agalma elegans*	+	+	+	+
20. 拟细浅室水母 *Lensia subtiloides*			+	+
21. 双生水母 *Diphyes chamissonis*	+	+	+	+
22. 角杯水母 *Ceratocymba leuckarti*	+			
23. 五角水母 *Muggiaea atlantica*	+	+	+	+
四、栉水母类 Ctenophora				
24. 球形侧腕水母 *Pleurobrachia globosa*	+	+	+	
五、浮游多毛类 Pelagic Polychaeta				
25. 箭蚕 *Sagitella kowalewskii*	+	+	+	+
26. 箭蚕属 *Sagitella* sp.	+			
27. 水蚕 *Naiades cantrainii*	+			
28. 太平洋浮蚕 *Tomopteris pacifica*	+			
29. 浮蚕属 *Tomopteris* sp.			+	
30. 游蚕 *Pelagobia longicirrata*			+	
六、浮游螺类 Pelagic Gastropod				
31. 泡虫琥螺 *Limacina bulimoides*	+			
32. 胖虫琥螺 *Limacina inflata*	+	+	+	+
33. 马蹄虫琥螺 *Limacina trochiformis*		+		+
34. 无鳃螺 *Abranchaea chinensis*	+			
35. 卷螺属 *Agadina* sp.		+	+	+
36. 棒笔帽螺 *Creseis clava*			+	
37. 尖笔帽螺 *Creseis acicula*		+	+	+
38. 芽笔帽螺 *Creseis virgula*		+		
39. 拟海若螺 *Paraclione longicaudata*			+	
40. 明螺属 *Atlanta* sp.		+		+
七、头足类 Cephalopod				
41. 双喙耳乌贼 *Sepiola birostrata*	+	+		

续附表 1

种名 Species name	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
八、枝角类 Cladocera				
42. 鸟喙尖头 *Penilia avirostris*		+		+
43. 肥胖三角 *Evadne tergestina*		+		+
九、介形类 Ostracoda				
44. 尖尾海萤 *Cypridina acuminata*	+	+	+	+
45. 针刺真浮萤 *Euconchoecia aculeata*	+	+	+	+
46. 浮萤属 *Conchoecia* sp.				+
十、桡足类 Copepoda				
47. 中华哲水蚤 *Calanus sinicus*	+	+	+	+
48. 瘦新哲水蚤 *Neocalanus gracilis*		+		+
49. 细角新哲水蚤 *Neocalanus tenuicornis*		+	+	+
50. 微刺哲水蚤 *Canthocalanus pauper*		+	+	+
51. 小哲水蚤 *Nannocalanus minor*		+		+
52. 哲水蚤属 Calanus sp.		+		
53. 达氏波水蚤 *Undinula darwini*	+			
54. 普通波水蚤 *Undinula vulgaris*		+	+	+
55. 强真哲水蚤 *Eucalanus crassus*		+	+	+
56. 狭额真哲水蚤 *Eucalanus subtenuis*			+	+
57. 亚强真哲水蚤 *Eucalanus subcrassus*	+	+	+	+
58. 克氏长角哲水蚤 *Mecynocera clausi*		+		+
59. 针刺拟哲水蚤 *Paracalanus aculeatus*	+	+	+	+
60. 强额拟哲水蚤 *Paracalanus crassirostris*		+	+	+
61. 小拟哲水蚤 *Paracalanus parvus*		+	+	+
62. 隆线拟哲水蚤 *Calanoides carinatus*		+		+
63. 驼背隆哲水蚤 *Acrocalanus gibber*	+	+	+	+
64. 微驼隆哲水蚤 *Acrocalanus gracilis*	+		+	
65. 弓角基齿哲水蚤 *Clausocalanus arcuicornis*		+	+	+
66. 长尾基齿哲水蚤 *Clausocalanus furcatus*		+	+	
67. 精致真刺水蚤 *Euchaeta concinna*	+	+	+	+
68. 海洋真刺水蚤 *Euchaeta marina*			+	
69. 平滑真刺水蚤 *Euchaeta plana*		+		
70. 丹氏厚壳水蚤 *Scolecithrix danae*				+
71. 缘齿厚壳水蚤 *Scolecithrix nicobarica*	+	+	+	+
72. 异尾宽水蚤 *Temora discaudata*		+	+	+
73. 锥形宽水蚤 *Temora turbinata*		+		+
74. 墨氏胸刺水蚤 *Centropages mcmurrichi*		+		
75. 哲胸刺水蚤 *Centropages calaninus*		+		+
76. 背针胸刺水蚤 *Centropages dorsispinatus*		+	+	+
77. 叉胸刺水蚤 *Centropages furcatus*		+		+
78. 奥氏胸刺水蚤 *Centropages orsinii*		+		+
79. 中华胸刺水蚤 *Centropages sinensis*	+	+	+	
80. 黄角光水蚤 *Lucicutia flavicornis*				+
81. 指状许水蚤 *Schmackeria inopinus*			+	
82. 火腿许水蚤 *Schmackeria poplesia*			+	
83. 伯氏平头水蚤 *Candacia bradyi*		+	+	+
84. 平头水蚤属 *Candacia* sp.			+	
85. 小长足水蚤 *Calanopia minor*		+		+
86. 尖刺唇角水蚤 *Labidocera acuta*		+		+
87. 尖额唇角水蚤 *Labidocera bipinnata*		+		+
88. 后截唇角水蚤 *Labidocera detruncata*		+		

续附表 1

种名 Species name	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
89. 真刺唇角水蚤 *Labidocera euchaeta*	+	+	+	+
90. 小唇角水蚤 *Labidocera minuta*		+		+
91. 左突唇角水蚤 *Labidocera sinilobata*		+		
92. 叉刺角水蚤 *Pontella chierchiae*			+	
93. 刺尾角水蚤 *Pontella spinicauda*	+			
94. 阔节角水蚤 *Pontella fera*		+		
95. 羽小角水蚤 *Pontellina plumata*		+		+
96. 钝简角水蚤 *Pontellopsis yamadae*		+		+
97. 克氏纺缍水蚤 *Acartia clausi*	+			
98. 丹氏纺锤水蚤 *Acartia danae*		+		
99. 太平洋纺锤水蚤 *Acartia pacifica*	+	+	+	+
100. 虫肢歪水蚤 *Tortanus vermiculus*	+		+	+
101. 小长腹剑水蚤 *Oithona nana*			+	
102. 大同长腹剑水蚤 *Oithona similis*		+	+	+
103. 长腹剑水蚤属 *Oithona* sp.				+
104. 丽隆剑水蚤 *Oncaea venusta*		+	+	+
105. 隆剑水蚤属 *Oncaea* sp.	+	+	+	
106. 狭叶剑水蚤 *Sapphirina angusta*			+	
107. 星叶剑水蚤 *Sapphirina stellata*			+	
108. 黑点叶剑水蚤 *Sapphirina nigromaculata*		+		+
109. 叶剑水蚤属 *Sapphirina* sp.		+		
110. 奇浆剑水蚤 *Copilia mirabilis*		+		+
111. 近缘大眼剑水蚤 *Corycaeus affinis*	+	+	+	+
112. 太平洋大眼剑水蚤 *Corycaeus pacificus*		+		
113. 美丽大眼剑水蚤 *Corycaeus speciosus*	+	+	+	+
114. 大眼剑水蚤属 *Corycaeus* sp.		+	+	+
115. 挪威小毛猛水蚤 *Microsetella norvegica*		+	+	+
116. 尖额真猛水蚤 *Euterpina acutifrons*	+	+		+
117. 小盘盔头猛水蚤 *Clytemmestra scutellata*				+
十一、糠虾类 Mysidacea				
118. 长额刺糠虾 *Acanthomysis longirostris*	+	+	+	+
119. 漂浮囊糠虾 *Gastrosaccus pelagicus*	+		+	
十二、涟虫类 Cumacea				
120. 针尾涟虫属 *Diastylis* sp.				+
十三、等足类 Isopoda				
121. 圆柱水虱属 *Cirolana* sp.				+
十四、端足类 Amphipoda				
122. 独眼钩虾属 *Monoculodes* sp.		+	+	
123. 钩虾属 *Gammaridea* sp.		+	+	+
124. 细长脚鲇 *Themisto gracilipes*	+	+	+	+
125. 裂颏蛮鲇 *Lestrigonus schizogeneios*	+	+	+	+
126. 克氏尖头鲇 *Oxycephalus clausi*	+	+		+
127. 尖头鲇属 *Oxycephalus* sp.	+	+	+	
十五、磷虾类 Euphausiacea				
128. 中华假磷虾 *Pseudeuphausia sinica*	+	+	+	+
129. 小型磷虾 *Euphausia nana*				+
130. 太平洋磷虾 *Euphausia pacifica*	+		+	
131. 娇嫩脚磷虾 *Nematoscellis gracilis*	+			
132. 隆柱螯磷虾 *Stylocheiron carinatum*		+		

续附表 1

种名 Species name	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
十六、樱虾类 Sergestinae				
133. 中国毛虾 *Acetes chinensis*				+
134. 日本毛虾 *Acetes japonicus*		+		+
135. 汗森莹虾 *Lucifer hanseni*		+	+	
136. 中型莹虾 *Lucifer intermedius*	+	+	+	+
137. 正型莹虾 *Lucifer typus*		+		
十七、十足类 Decapoda				
138. 细螯虾 *Leptochela gracilis*	+	+	+	+
139. 白虾属 *Exopalaemon* sp.	+			+
十八、毛颚类 Chaetognatha				
140. 强壮箭虫 *Sagitta crassa*	+		+	
141. 百陶箭虫 *Sagitta bedoti*	+	+	+	+
142. 肥胖箭虫 *Sagitta enflata*	+	+	+	+
143. 拿卡箭虫 *Sagitta nagae*	+	+	+	+
144. 美丽箭虫 *Sagitta pulchra*		+		
145. 箭虫属 *Sagitta* sp.	+	+	+	+
十九、被囊类 Tunicata				
146. 长尾住囊虫 *Oikopleura longicauda*	+	+	+	+
147. 住囊虫属 *Oikopleura* sp.		+		
148. 软拟海樽 *Dolioletta gegenbauri*	+	+	+	+
149. 海樽属 *Doliolum* sp.		+		
150. 双尾纽鳃樽 *Thalia democratica*			+	
二十、浮游幼虫 Larvae				
151. 阿利玛幼虫 *Alima larva*		+	+	+
152. 栉水母幼体 *Ctenophora larva*			+	
153. 短尾类　状幼虫 *Brachyura zoea*	+	+	+	+
154. 短尾类大眼幼虫 *Brachyura megalopa*	+	+	+	+
155. 长尾类幼体 *Macrura larva*	+	+	+	+
156. 磁蟹　状幼体 *Porcellana zoea*		+	+	+
157. 多毛类担轮幼虫 *Trochophora larva*	+	+	+	+
158. 多毛类幼虫 *Polychgaeta larva*	+	+	+	+
159. 桡足类幼体 *Copepodite larva*	+	+	+	+
160. 桡足类无节幼体 *Nauplius larva*		+	+	+
161. 端足类幼虫 *Amphipoda larva*			+	
162. 箭虫幼体 *Sagitta larva*	+		+	
163. 海樽幼体 *Thaliacea larva*		+		+
164. 担轮幼虫 *Trochophora larva*				
165. 筒螅辐射幼体 *Tubularia larva*			+	+
166. 瓣鳃类面盘幼虫 *Viliger larva*		+		
167. 软体动物面盘幼虫 *Veliger larva*		+	+	+
168. 棘皮动物羽腕幼虫 *Echinodermata bipinnaria larva*		+		+
169. 棘皮动物长腕幼虫 *Echinodermata ophiopluteus larva*		+	+	+
170. 幼螺 *Gastropod post larva*		+		
171. 幼蛤 *Lamevllibranchia larva*		+		+
172. 鱼卵 *Fish eggs*	+	+	+	+
173. 仔鱼 *Fish larva*	+	+	+	+

注: +表示没有出现

Note: + means occurring