

文章编号:1000-0615(2004)01-0035-06

东海浮游桡足类的种类组成及优势种

徐兆礼, 崔雪森, 陈卫忠

(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)

摘要: 根据 1997-2000 年东海 23°30' ~ 33°N、118°30' ~ 128°E 水域 4 个季节海洋调查资料, 对浮游桡足类种类组成及优势种作了探讨。东海浮游桡足类经鉴定共有 226 种, 呈外海高近海低的分布趋势, 夏季(163 种) > 秋季(152 种) > 春季(140 种) > 冬季(123 种), 4 个季节皆出现的有 78 种。优势种(优势度 $Y \geq 0.02$ 的 17 种, 主要有中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)和亚强真哲水蚤(*Eucalanus subcrassus*)等, 季节更替明显, 在秋、冬季优势种中还新出现了多种中、小型桡足类。北部近海(29° ~ 32°N、125°E 以西)春季中华哲水蚤、夏秋季精致真刺水蚤与水温、盐度多元一次逐步回归相关性显著($P < 0.05$), 秋季普通波水蚤与水温、盐度相关性非常显著($P < 0.01$), 春季鳀(*Engraulis japonicus*)中心渔场($> 100 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$)分布与中华哲水蚤高密度区($50 \sim 100 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$)平面分布具有良好的对应关系; 春、夏季鳀鱼仔、稚鱼高密度区($\geq 100 \text{ ind} \cdot \text{net}^{-1}$)与中华哲水蚤高丰度区($50 \sim 100 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$)相重叠。

关键词: 东海; 浮游桡足类; 种类组成; 优势种; 鳀渔场

中图分类号: S932.8 文献标识码: A

Species composition and dominant species study on pelagic copepods in the East China Sea

XU Zhao-li, CUI Xue-sen, CHEN Wei-zhong

(Key and Open Ecological Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture

East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: Based on 4 seasonal data of marine survey during 1997-2000, this paper deals with and approaches dominant species of copepods in 23°30' - 33°N, 118°30' - 128°E investigative waters in the East China Sea. In this paper 226 species of copepods have been identified, summer (163 species) > autumn (152 species) > spring (140 species) > winter (123 species). Among them, 78 species were found in 4 seasons. Dominant species (dominance(Y) ≥ 0.02) were 17 species, they were *Calanus sinicus*, *Undinula vulgaris*, *Euchaeta concinna*, and *Eucalanus subcrassus* etc. Some meso-small copepods were found in autumn and winter in dominant species. Seasonal variations of dominant species were obvious. Multiple correlation of abundance of *Calanus sinicus*, *Euchaeta concinna* and water temperature, salinity were obvious ($P < 0.05$) in spring, that of *Euchaeta concinna* was very obvious ($P < 0.01$) in autumn. In spring the correlation between distribution of fishing ground of anchovy (*Engraulis japonicus*) ($> 100 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$) and high-density area ($50 \sim 100 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$) of *Calanus sinicus* was obvious. High density area of both larvae and young fish of anchovy ($\geq 100 \text{ ind} \cdot \text{net}^{-1}$) and *Calanus sinicus* ($50 \sim 100 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$) was overlapped.

收稿日期: 2003-02-24

资助项目: 国家“973”研究资助项目(G19990437)等

作者简介: 徐兆礼(1958-), 女, 浙江温岭人, 副研究员, 主要从事海洋生物生态学和渔业生态环境的研究。Tel: 021-65686991;

E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

Key Words: the East China Sea; pelagic copepods; species composition; dominant species; fishing ground of anchovy

东海大陆架海区因受江河径流、大陆沿岸流、黄海冷水团及黑潮系暖流的影响,从而明显地反映出其水文、化学要素及浮游生物的组成都比较复杂。浮游桡足类由于随波逐流的生活方式,与海流间的关系密切,因而栖息于本区的桡足类也十分复杂多样^[1-7]。作者根据1997-2000年在东海23°30'~33°N、128°E以西海域4季调查所获得的资料,对东海浮游桡足类的种类组成和优势种动力学,从平面分布、季节变化及其与水体环境和渔业资源间的关系等方面进行了探讨。为中国海洋生态系统动力学研究、渔业资源可持续利用等提供一个较全面的桡足类生态学特征的资料。

1 材料与方 法

浮游桡足类采样时间、站位设置及调查方法见参考文献[8]。优势种优势度(Y)和优势种更替率(R)计算公式参见文献[9,10]。取东海北部近海(29°~32°N、125°E以西)同步观测的8个因子,即表温(t_0)、10m水温(t_{10})、底温($t_{底}$)和表盐(S_0)、10m盐度(S_{10})、底盐($S_{底}$)、水深和浮游植物总细胞数,分析上述因子与浮游桡足类优势种之间的相关性。鲢仔、稚鱼系同步调查用浮游生物大网水平拖网采集,调查方法按照《海洋调查规范》,单位:ind·net⁻¹。数据统计方法参见[11]。

2 结 果

2.1 种类季节变化及平面分布

本区浮游桡足类鉴定到种的有226种,占浮游动物总种数的36.9%,居东海浮游动物种数第1位^[12]。上述种类在4个航次中皆出现的有78种,占桡足类种数的32.7%。夏季种类最多,达163种,秋季和春季次之,分别为152种和140种,冬季最少(123种),种类季节更替明显。从图1可见,桡足类种数平面分布呈外海高、近海低、南部高、北部低的分布特征。春季各测站桡足类种类贫乏,北部近海一般在5种左右,东海外海和台湾海峡水域在20种左右(图1-a)。夏季北部近海桡足类种类组成仍然简单,但30种等值线向近海和北部水域推进,东海外海和台湾海峡种类数在30~40之间(图1-b)。秋季30种等值线继续向北

部近海水域扩张,南部和外海水域种类最丰富,一般在40种左右(图1-c)。冬季种类数明显下降,30种等值线退向29°以南水域,东海北部水域一般在5~20种之间(图1-d)。

2.2 优势种及季节更替

取桡足类优势度 $Y \geq 0.02$ 的种为优势种^[9,13]。从表1可见,共有优势种17种,除微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)在冬季没有出现,其它16种优势种4季皆出现。其中4季皆为优势种的仅中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)1种,3季的有普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)和亚强真哲水蚤(*Eucalanus subcrassus*),两季的为异尾宽水蚤(*Temora discaudata*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)和达氏波水蚤(*Undinula darwinii*)。春、夏、冬3季均以中华哲水蚤占绝对优势,而秋季则以精致真刺水蚤的 Y 值为最高,这些优势种随着季节变化而出现更替。根据优势种更替率 R 的计算结果, R 值在冬-春季为最高,达90.1%,夏-秋季次之,为76.9%,秋-冬季居第三位,为73.3%,而春-夏季最低,为66.7%。

中华哲水蚤为本区唯一4季皆出现的优势种。如图2所示,该种冬季无密集区出现,大部分水域丰度在1~5 ind·m⁻³之间;春季数量迅速增加,高密度区(50~100 ind·m⁻³)分布在27°30'~29°N,124°30'~125°30'E水域,在29°30'N,126°30'E水域有一个小范围的中密集区(25~50 ind·m⁻³),与浮游动物饵料生物量密集区范围完全一致,这对带鱼的产卵群体的饵料供应和鲢鱼早期生长发育具有特殊的意义。高密度区(50~100 ind·m⁻³)内温度和盐度变化范围表温16.4~18.95℃、底温17.85~18.00℃、表盐31.06~32.18;夏季主要密集在30°N以北,126°30'E以西水域,最高密集区(100~250 ind·m⁻³)分布于124°E,32°N和126°E,31°N水域,中心丰度分别为127.61 ind·m⁻³和117.18 ind·m⁻³,另在123°E以西,28°N~29°N水域出现一个小范围的中密集区(50~100 ind·m⁻³)。夏季最高密集区(100~250 ind·m⁻³)内温度和盐度变化范围为表温24.04~24.13℃、底温13.97~19.96℃、表盐30.87~31.45;秋季数量大幅度回落,仅在长江口外123°~123°30'E,32°30'N以北水域出现一个

小范围的低密集区($25 \sim 50 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$)。

3 讨论

3.1 优势种分布与环境的关系

东海北部近海各季桡足类优势种与环境因子间逐步回归分析结果(表2)表明,东海北部近海春季中华哲水蚤、夏秋季精致真刺水蚤多元一次逐步回归相关性显著($P < 0.05$);普通波水蚤秋季多元一次逐步回归相关性非常显著($P < 0.01$)。经逐步筛选,8个因子中,除浮游植物总细胞数外,其他7个因子被引入方程(表2)。各因子在不同的季节对各优势种的影响程度均不同,按F值大小,显示

影响的主、次因子依次为底温($F = 10.25$)、10m水温($F = 10.07$)、表温($F = 7.72$)等。其中春季中华哲水蚤与 $t_{\text{底}}$ 和 t_{10} 相关性非常显著,与 S_0 相关性显著,这与2002年春季调查结果基本一致^[14]。本调查水域春季 $t_{\text{底}}$ 平均为 13.96°C ($10.32 \sim 18.4^\circ\text{C}$), S_0 平均为 31.46 ($29.08 \sim 33.14$);中华哲水蚤最高丰度值($51.45 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$)分布水域 $t_{\text{底}} 16.9^\circ\text{C}$ 、 $t_{10} 16.4^\circ\text{C}$ 、 $S_0 31.24$ 。但海水中环境条件错综复杂,各种影响因素也并非单独起作用,各种生物包括浮游动物和浮游植物的生长繁殖受环境的影响是多方面的,不但与温度、盐度等无机环境有关,与生物要素(如摄食、种群演替及种间竞争)也有密切的关系。

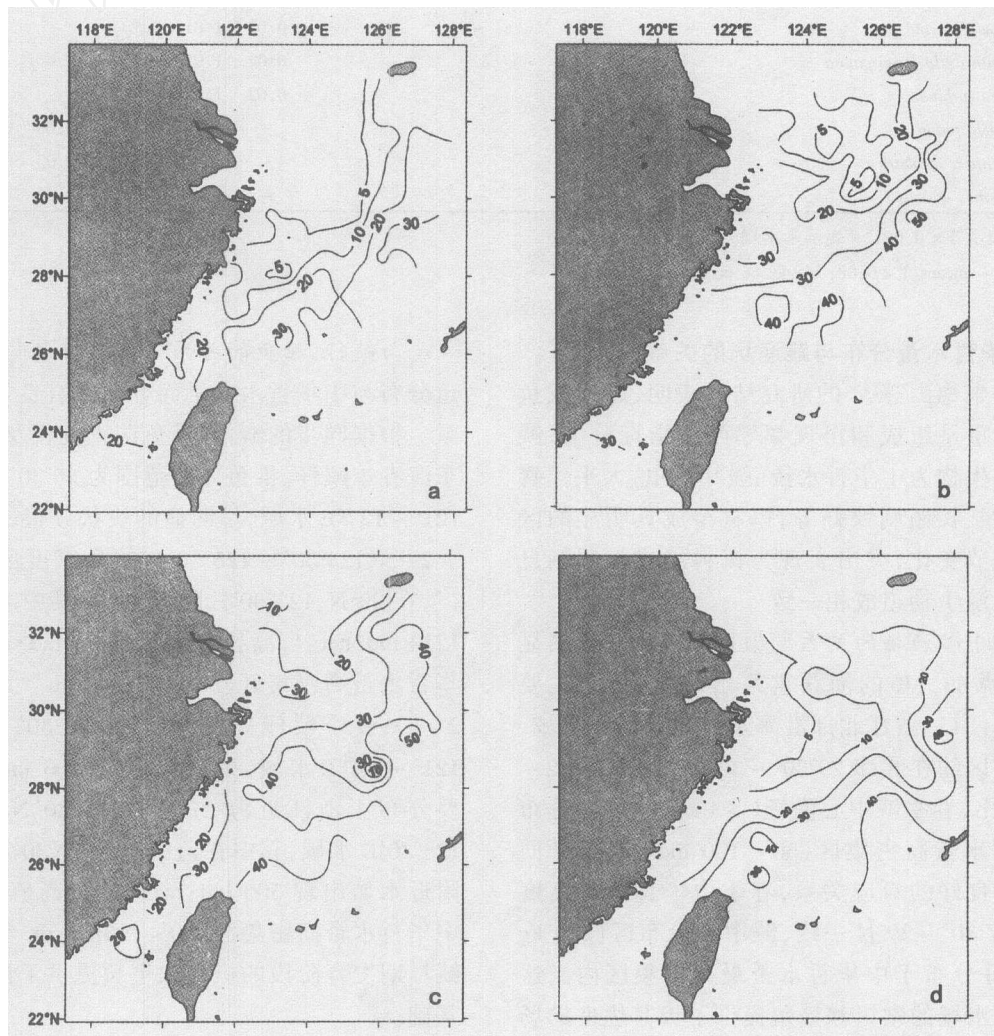


图1 东海浮游桡足类种数平面分布

Fig.1 Horizontal distribution of number of species of pelagic copepods in the East China Sea

a:春, b:夏, c:秋, d:冬; a. spring, b. summer, c. autumn, d. winter

表1 桡足类优势种优势度和平均丰度

优势种 dominant species	Tab.1 Dominance(Y) and average abundance(\bar{X}) of dominant species of copepods $\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$											
	春 spring			夏 summer			秋 autumn			冬 winter		
	Y	\bar{X}	%	Y	\bar{X}	%	Y	\bar{X}	%	Y	\bar{X}	%
<i>Calanus sinicus</i>	0.62	4.71	66.60	0.29	8.17	38.32	0.04	3.18	5.67	0.17	2.20	19.92
<i>Undinula vulgaris</i>	-			0.03	0.86	4.03	0.09	5.56	9.90	0.02	0.42	3.80
<i>Eucalanus subcrassus</i>	-			0.08	2.09	9.81	0.08	4.79	8.53	0.07	0.93	8.42
<i>Temora discaudata</i>	0.03	0.41	5.74	0.06	1.43	6.72	-			-		
<i>Euchaeta concinna</i>	-			-			0.23	14.11	25.12	0.05	0.58	5.22
<i>Undinula darwinii</i>	-			0.02	0.49	2.32	-			0.04	0.65	5.94
<i>Eucalanus subtennis</i>	-			0.02	0.73	3.44	-			-		
<i>Oncaea venusta</i>	-			-			0.06	3.58	6.38	-		
<i>Nannocalanus minor</i>	-			-			0.04	2.54	4.52	-		
<i>Acrocalanus gibber</i>	-			-			0.03	2.16	3.85	-		
<i>Canthocalanus pauper</i>	-			-			0.03	1.70	3.02	*		
<i>Euchaeta marina</i>	-			-			0.02	1.81	3.23	-		
<i>Scolecithricella longispinosa</i>	-			-			0.02	1.91	3.40	-		
<i>Temora turbinata</i>	-			-			0.02	1.85	3.29	-		
<i>Euchaeta plana</i>	-			-			-			0.05	0.72	6.52
<i>Scolecithrix nicobarica</i>	-			-			-			0.05	0.64	5.79
<i>Eucalanus crassus</i>	-			-			-			0.02	0.32	2.94

注: - 表示 $Y < 0.02$; * 表示未出现Notes: - means $Y < 0.02$; * not be occurred

3.2 中华哲水蚤分布与鲢渔场的关系

根据朱德山等^[15]的研究结果表明,以鲢成鱼胃含物的重量组成和出现频率两个指标分析,鲢主要饵料生物为中华哲水蚤、强壮箭虫、太平洋磷虾、细脚蚘、长额刺糠虾等,饵料组成具明显的区域性和季节变化,突出表现为饵料组成与鲢栖息水域的浮游生物组成相一致。

与鲢中心渔场的关系 根据同步调查资料显示:东海鲢 83.1% 的渔获重量出现在春季,主要分布在长江口、浙江北部沿海及济州岛西南水域,中心分布区约在北纬 $29^{\circ}30' \sim 30^{\circ}$ 一线。从图 2-a 可以看出,春季鲢中心渔场 ($> 100 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$) 分布与中华哲水蚤高密度区 ($50 \sim 100 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$) 平面分布具有良好的对应关系,春季中华哲水蚤高度密集在 $27^{\circ}30' \sim 29^{\circ}\text{N}$ 一线,鲢中心分布区 ($100 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$) 正好分布于中华哲水蚤最高密集区内。这为鲢在该水域的索饵和繁殖提供了极其优良的场所。

与鲢仔、稚鱼的关系 东海春夏两季鲢仔、稚鱼分布与中华哲水蚤平面分布具有良好的对应关系。根据同步的鲢仔、稚鱼调查资料及图 2 显示:东海春季鲢仔、稚鱼分布范围为 $26^{\circ}30' \sim 30^{\circ}30'\text{N}$ 、 $121^{\circ} \sim 127^{\circ}\text{E}$ 水域,呈明显的块状分布,其在 $28^{\circ}30' \sim 29^{\circ}\text{N}$ 、 $123^{\circ}30' \sim 125^{\circ}30'\text{E}$ 的高密度区分布范围广,在 29°N 、 $123^{\circ}30'\text{E}$ 附近水域,其中心密度高达 $1213 \text{ ind}\cdot\text{net}^{-1}$,高密度区 ($\geq 100 \text{ ind}\cdot\text{net}^{-1}$) 与中华哲水蚤高密度区 ($50 \sim 100 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$) 相重叠(图 2-a);夏季鲢仔、稚鱼分布于 $26^{\circ}30' \sim 30^{\circ}30'\text{N}$ 、 $121^{\circ} \sim 127^{\circ}\text{E}$ 水域,高密度区 ($\geq 100 \text{ ind}\cdot\text{net}^{-1}$) 主要分布于浙江近海 $27^{\circ}30' \sim 29^{\circ}30'\text{N}$ 、 $121^{\circ}30' \sim 123^{\circ}30'\text{E}$ 水域,其中在鱼山列岛 $29^{\circ}30'\text{N}$ 、 $123^{\circ}30'\text{E}$ 附近水域出现 $500 \text{ ind}\cdot\text{net}^{-1}$ 的最高值,正好位于中华哲水蚤高密度区 ($50 \sim 100 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$) 内。这为鲢早期发育阶段的摄食和生长提供了良好的饵料基础。

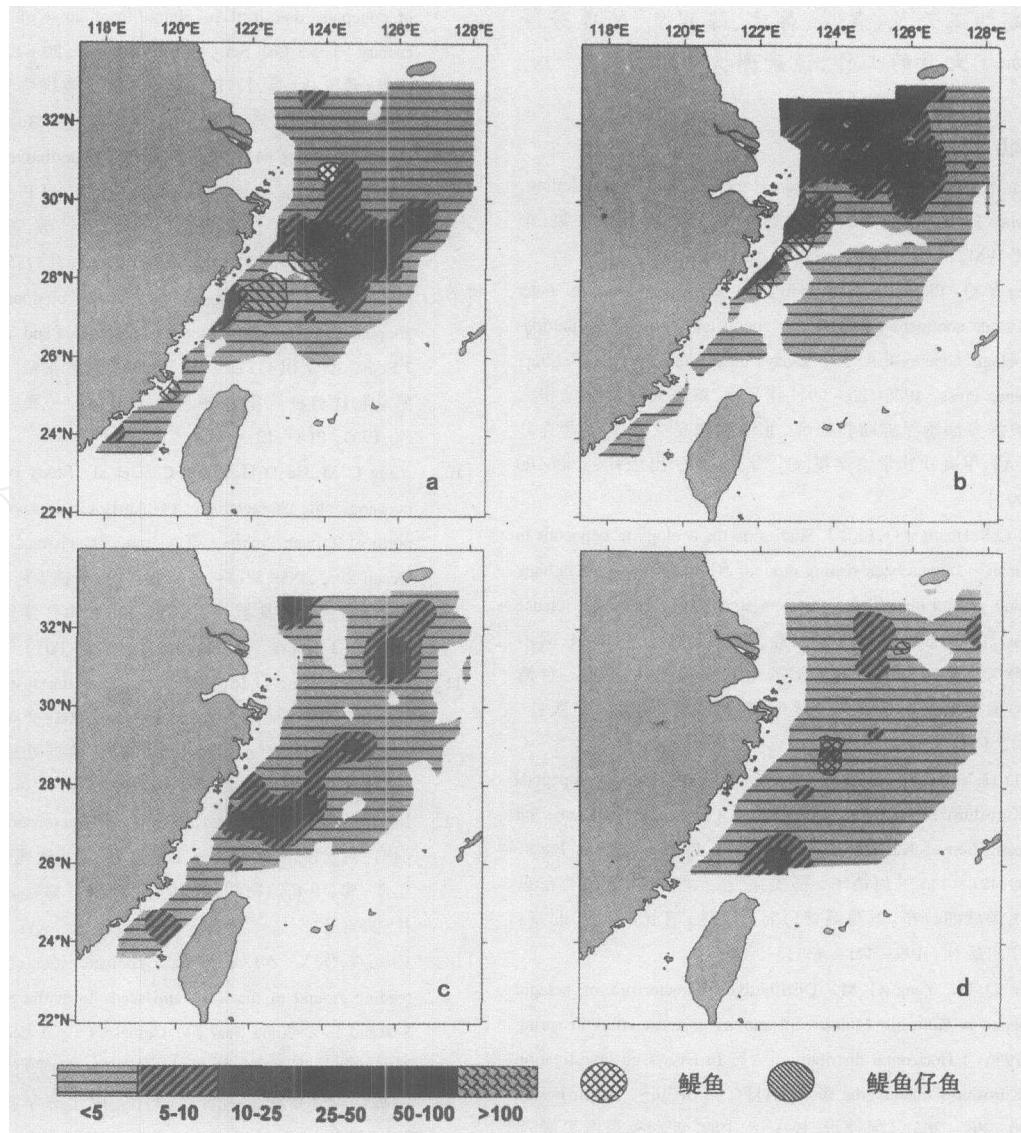


图 2 东海中华哲水蚤平面分布(ind·m⁻³)

Fig.2 Horizontal distribution of *Calanus sinicus* in the East China Sea (ind·m⁻³)

a:春,b:夏,c:秋,d:冬;a.spring, b.summer, c.autumn, d.winter

a 图中鲷大于 100 kg·h⁻¹; a, b 图中仔鱼大于 100 ind·net⁻¹;d 图中鲷大于 10 kg·h⁻¹,仔鱼大于 10 ind·net⁻¹

表 2 优势种与环境因子的逐步回归分析

Tab.2 Regression analysis between dominant species and environmental factor

季节 season	逐步回归方程 regression equation	n	r	P
春 spring	中华哲水蚤 = -177.1 + 0.44 水深 - 10.57 t ₁₀ + 7.81 t _低 + 6.05 S ₀	22	0.712	< 0.05
夏 summer	精致真刺水蚤 = -3.3 + 0.3 t ₀ - 0.2 t _低	20	0.574	< 0.05
秋 autumn	精致真刺水蚤 = 1141.52 - 18.24 t ₁₀ - 20.57 S _低	22	0.558	< 0.05
	普通波水蚤 = -122.6 - 1.1 t _低 + 2.1 S ₁₀ + 2.3 S _低	22	0.702	< 0.01

课题组王云龙、袁骥、蒋玫、陈渊泉、陈莲芳等同志参加了大量的工作,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Chen Y Q. Essays on crustaceans (second part)[M]. Beijing: Science Press, 1990. 44-52. [陈亚瞿. 甲壳动物论文集(第二辑)[M]. 北京: 科学出版社, 1990, 44-52.]
- [2] Chen Y Q. Plankton research in deep sea fishery zones of outer and slope continent shelf. II Horizontal and vertical distributions of pelagic copepods[A]. In Essays on crustacean[C]. Beijing: Science Press, 1986. 86-99. [陈亚瞿. 东海大陆架外缘和大陆坡深海渔场浮游动物研究. II 浮游桡足类水平及垂直分布[A]. 甲壳动物学论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1986. 86-99.]
- [3] Zhu C S, Huang J Q, Li S J. Studies on the ecology of copepods in Minnan - Taiwan bank fishing ground[A]. Minnan - Taiwan bank fishing ground upwelling ecosystem study[M]. Beijing: Science Press, 1991. 440-455. [朱长寿, 黄加祺, 李少菁. 1991. 闽南-台湾浅滩渔场浮游桡足类的生态研究[A]. 闽南-台湾浅滩渔场上升流去生态系统研究[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 440-455.]
- [4] He D H, Yang G M. Distributions of indicative pelagic copepods in Kuroshiro Mainstream areas of east China sea. In Essays on investigation of Kuroshio Contents[M]. Beijing: Ocean Press, 1993. 421-435. [何德华, 杨关铭. 指示性浮游桡足类在东海黑潮域的分布, 黑潮调查研究论文选, 第五集[M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 421-435.]
- [5] He D H, Yang G M. Distributive characteristic of pelagic copepod in Kuroshio Mainstream and its adjacent areas in spring of 1986. I Horizontal distribution[A]. In Essays on investigation of Kuroshio Contents(the first part)[C]. Beijing: Ocean Press, 1990. 294-265. [何德华, 杨关铭. 1986年春季东海黑潮及其邻近海区的浮游桡足类的分布特征 I 平面分布[A]. 黑潮调查研究论文选, 第一集[C]. 北京: 海洋出版社, 1990. 294-265.]
- [6] He D H, Yang G M. Distributive characteristics of pelagic copepod in the south and east zones to Japan in autumn of 1986[A]. In Essays on investigation of Kuroshio Contents(2nd part)[C]. Beijing: Ocean Press, 1990. 289-298. [何德华, 杨关铭. 1986年秋季日以东和以南水域浮游桡足类分布特征[A]. 黑潮调查研究论文选, 第二集[C]. 北京: 海洋出版社, 1990. 289-298.]
- [7] Xu Z L, Yuan Q, Jian M, et al. The study on assemblage density of copepods dominant in plume front zone of the Changjiang estuary[J]. J Fish Sci China, 1999, 6(5): 20-23. [徐兆礼, 王云龙, 蒋玫, 等. 长江河口锋区桡足类优势种聚集特征的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 20-23.]
- [8] Xu Z L, Jiang M, Chao M, et al. Quantitative distribution of pelagic copepods in the East China Sea[J]. J Fish China, 2003, 27(3): 258-264. [徐兆礼, 蒋玫, 晁敏, 等. 东海浮游桡足类的数量分布[J]. 水产学报, 2003, 27(3): 258-264.]
- [9] Xu Z L, Chen Y Q. Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea[J]. J Ecol, 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鲳鲈渔场的关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.]
- [10] 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 Province II Community characteristics[J]. Acta Ocean Sin, 2000, 22(1): 91-101. [杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 台湾暖流源地域浮游桡足类生物海洋学特征研究 II 群落特征[J]. 海洋学报, 1999, 21(6): 72-80.]
- [11] Tang Q Y, Feng G M. DPS Data processing system for practical statistics[M]. Beijing: Science Press, 2002. 294-311. [唐启义, 冯光明. 实用统计分析极其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 294-311.]
- [12] Xu Z L, Han J D, Chen Y Q, et al. Essays on crustacean (Fourth part)[M]. Beijing: Science Press, 2003. [徐兆礼, 韩金娣, 陈亚瞿, 等. 甲壳动物学论文集(第四辑)[M]. 北京: 科学出版社, 2003.]
- [13] Chen Y Q, Xu Z L. Ecological characteristics of zooplankton in feeding ground of mackerel and scads from the Southern Yellow Sea and East China Sea[J]. Chinese J Appl Ecol, 1990, 1(4): 327-332. [陈亚瞿, 徐兆礼. 南黄海、东海鲳鲈鱼索饵渔场浮游动物分布特征的研究[J]. 应用生态学报, 1990, 1(4): 327-332.]
- [14] Xu Z L, Hong B, Zhu M Y, et al. Ecological characteristics of zooplankton in frequent HAB areas of the East China Sea in spring[J]. Chinese J Appl Ecol, 2003, 14(7): 1081-1085. [徐兆礼, 洪波, 朱明远, 等. 东海赤潮高发区春季浮游动物生态特征的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(7): 1081-1085.]
- [15] Zhu D S, Svein A. I Anchovy and other fish resources in the Yellow Sea and East China Sea Nov. 1984 - April, 1988[J]. Marine Fisheries Research, 1990, 11: 26-28 [朱德山, Svein A. 黄东海鲱鱼及其他经济鱼类资源评估的调查研究[J]. 海洋水产研究, 1990, 11, 26-28.]