烟台西港倾倒区海域浮游生物的群落特征

宁璇璇[1],夏炳训[1],伯云台[1],王小清[1],赵建民[2]
1. 国家海洋局烟台海洋环境监测中心站,山东 烟台 264006
2. 中国科学院烟台海岸带研究所,山东 烟台 264003

摘 要: 分析了倾倒活动结束后烟台西港倾倒区海域浮游生物的群落结构特征。结果表明,浮游植物群落具有硅藻为主、甲藻为次的特征,生态性质以温带近岸性物种为主。倾倒区停用后,硅藻数量大幅增加。桡足类、浮游幼虫及毛颚类的强壮箭虫是浮游动物群落的主要组成。浮游动物丰度、生物量与浮游植物丰度变化趋势大体一致。多样性分析表明,浮游生物群落结构比较稳定,倾倒区海域生态环境质量尚好。

关键词: 烟台西港; 倾倒区; 浮游植物; 浮游动物; 群落特征
中图分类号: X826; X834 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-6002(2014)04-0123-06

Plankton Community in the Sea Area of Yantai West Port Ocean Dumping Site

NING Xuan-xuan[1], XIA Bing-xun[1], BO Yun-tai[1], WANG Xiao-qing[1], ZHAO Jian-min[2]
1. Yantai Oceanic Environmental Monitoring Central Station of State Oceanic Administration, Yantai 264006, China
2. Yantai Institute of Coastal Zone Research Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China

Abstract: Characters of plankton community at Yantai West Port Ocean Dumping Site were studied. The results showed that the dominant phytoplankton group was temperate and neritic autochthonous diatoms and dinoflagellates next to it. After dumping activities stopped, the cell abundance of diatoms increased greatly. Copepod, planktonic larvae and *Sagitta crassa* were the main components of zooplankton community. Cell abundance and biomass of zooplankton changed accordingly with phytoplankton. Diversity index analysis showed that plankton community was relatively stable and the environmental quality of dumping area was not bad.

Key words: Yantai West Port; dumping site; phytoplankton; zooplankton; community character

浮游植物是海洋生态系统中最重要的初级生产者,也是水体溶解氧的主要来源,不仅构成了海洋食物链的主要起点,其群落的现状特征也能够反映水质的污染状况和营养水平[1-2]。浮游动物是主要的次级生产力之一,它既能摄食浮游植物,又是许多经济海产动物的饵料,它的数量变化直接影响海洋渔业资源量[3-5]。此外,浮游动物随波逐流的生活方式使其对环境因子的变动比较敏感,可以用它们的群落波动来指示环境[6]。因此,作为监测评价水体生态环境的一种重要手段,浮游生物群落特征的研究具有重要意义。

烟台西港倾倒区是为烟台港西港区建设工程所设定的临时海洋倾倒区,倾倒物为西港航道基建性清洁疏浚物。倾倒区于2009年4月启用,2012年3月关闭,批准倾倒量为480×10^4 m^3,实际倾倒量为191.877×10^4 m^3。主要倾倒活动集中于2009年6月至2010年11月和2011年3—7月,分别占总倾倒量的71.92%和22.77%。该文根据2011年8、10月与2012年7月的监测资料,对倾倒活动结束后海域浮游生物群落特征进行分析,为了解倾倒区停用后该海域的浮游生物群落结构、稳定性及生态环境质量提供数据积累。

1 实验部分

1.1 调查区域与方法

在倾倒区的4个顶点和中心共布设5个采样站位(图1),采样方法按照《海洋监测规范》[7]进行,浮游植物使用浅水Ⅲ型、浮游动物使用浅水Ⅰ型浮游生物网,自底至表进行垂直拖网采样。浮游植物样品采用饱和碘液固定,个体显微鉴定计数确定种类组成和密度;浮游动物样品经5%福尔马林溶液固定后,镜检分类计数,并进行称重,记录湿重生物量。

收稿日期: 2013-06-21; **修订日期:** 2013-08-23
基金项目: 国家海洋局北海分局2013年海洋科技项目(2013B16)
作者简介: 宁璇璇(1983-),女,山东烟台人,硕士,工程师.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

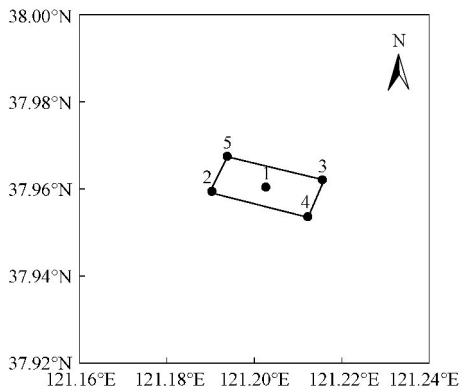

图1 采样站位示意图

1.2 数据分析

物种多样性采用 Shannon-Winner 指数(H')[8]:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \log_2 P_i$$

物种丰富度采用 Margalef 指数(D)[9]:

$$D = (S-1)/\log_2 N$$

均匀度采用 Pielou 指数(J)[10]:

$$J = H'/\log_2 S$$

优势种优势度(Y)的计算公式为[11]:

$$Y = (n_i/N) \times f_i$$

式中: S 为样品中的种类总数,N 为所有种类的总个体数,n_i 为第 i 种的总个体数,f_i 为该种在各样品中出现的频率,P_i 为第 i 种的个体数与样品中总个体数的比值(n_i/N)。

《近岸海域环境监测规范》[12] 对生物多样性评价指标进行了规定,根据 H' 将生境质量分为4级,$H' \geqslant 30$ 为优良,$2.0 \leqslant H' < 3.0$ 为一般,$1.0 \leqslant H' < 2.0$ 为差,$H' < 1.0$ 为极差。

2 结果与讨论

2.1 浮游植物群落结构特征

浮游植物种类组成及生态特征[13-16] 详见表1。

表1 调查区域浮游植物种类组成

中文名	拉丁名	2011年8月	2011年10月	2012年7月	生态特征
短柄曲壳藻	*Achnanthes brevipes*			+	中国各海域均产
八幅辐环藻	*Actinocyclus octonarius*		+		沿岸广布种
透明辐杆藻	*Bacteriastrum hyalinum var. hyalinum*			+	广温性沿岸种
辐杆藻	*Bacteriastrum* sp.	+	+		
中华盒形藻	*Biddulphia sinensis*	+			偏暖性近岸种类
窄隙角毛藻	*Chaetoceros affinis* var. *affinis*	+	+	+	广温性沿岸种
卡氏角毛藻	*Chaetoceros castracanei*	+			温带近岸种
扁面角毛藻	*Chaetoceros compressus*			+	世界广布种
深环沟角毛藻	*Chaetoceros constrictus*		+		广温性沿岸种
旋链角毛藻	*Chaetoceros curvisetus*	+	+	+	广温性沿岸种
柔弱角毛藻	*Chaetoceros debilis*			+	北温带近岸种
劳氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*	+		+	温带至热带近岸性种
窄面角毛藻	*Chaetoceros paradoxus*			+	偏暖性种
暹罗角毛藻	*Chaetoceros siamense*		+		暖水近岸性种
圆柱角毛藻	*Chaetoceros teres*		+	+	北温带近岸种
角毛藻	*Chaetoceros* sp.	+	+	+	
星脐圆筛藻	*Coscinodiscu asteromphalus*		+	+	广温广布种
偏心圆筛藻	*Coscinodiscu excentrica*			+	世界广布种
格氏圆筛藻	*Coscinodiscus granii*		+	+	世界广布种
虹彩圆筛藻	*Coscinodiscus oculus iridis*		+	+	广温性外洋种
圆筛藻	*Coscinodiscus* sp.	+	+	+	
条纹小环藻	*Cyclotella striata* var. *striata*		+		沿岸广布种
布氏双尾藻	*Ditylum brightwellii*	+	+	+	温带近岸种
浮动弯角藻	*Eucampia zoodiacus*		+		广温性沿岸种
具槽帕拉藻	*Paralia sulcata* var. *sulcata*	+	+	+	半咸水、近岸性底栖种
尖刺拟菱形藻	*Pseudo nitzschia pungens*		+	+	广温性沿岸种
印度翼根管藻	*Rhizosolenia alata* f. *indica*		+	+	暖温带种
柔弱根管藻	*Rhizosolenia delicatula*	+			温带近岸性种
佛氏海线藻	*Thalassionema frauenfeldii*	+	+	+	广温性外洋种
叉状角藻	*Ceratium furca*	+			沿岸广布种
梭角藻	*Ceratium fusus*	+	+	+	世界广布种
大角角藻	*Ceratium macroceros*	+			世界广布种
马西里斯角藻	*Ceratium massiliense*	+			世界广布种
三角角藻	*Ceratium tripos*	+	+	+	世界广布种
倒卵形鳍藻	*Dinophysis fortii*	+		+	世界广布种
夜光藻	*Noctiluca scintillans*	+	+		世界广布种
歧散原多甲藻	*Protoperidinium divergens*		+		沿岸广布种
斯氏扁甲藻	*Pyrophacus steinii*	+	+	+	中国海域均产
小等刺硅鞭藻	*Dictyocha fibula*	+		+	世界广布种

注: 空表示未检出相关物种,下同。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 次调查共发现浮游植物 3 门 19 属 36 种，其中硅藻 13 属 26 种，甲藻 5 属 9 种，金藻 1 属 1 种。在 2011 年 8 月的调查中，鉴定浮游植物 3 门 13 属 18 种，包括硅藻类 8 属 9 种，甲藻类 4 属 8 种，金藻 1 属 1 种；2011 年 10 月，鉴定浮游植物 2 门 15 属 21 种，包括硅藻 11 属 16 种，甲藻 4 属 5 种；2012 年 7 月，鉴定浮游植物 3 门 13 属 23 种，包括硅藻类 9 属 18 种，甲藻 3 属 4 种，金藻 1 属 1 种（种类数量不包括未定名物种）。调查区域浮游植物的生态类型多为温带近岸性或广温、广布物种，少数为大洋性物种或偏暖海性物种。

调查中浮游植物细胞丰度呈增加趋势。2011 年 8 月调查区浮游植物细胞丰度为 $13.40 \times 10^4 \sim 73.62 \times 10^4$ 个/m^3，平均值为 35.99×10^4 个/m^3。其中，硅藻的平均数量为 22.66×10^4 个/m^3，占浮游植物总量的 62.95%，甲藻的平均数量为 10.73×10^4 个/m^3，占 29.80%，金藻的平均数量为 2.61×10^4 个/m^3，占 7.25%。2011 年 10 月，浮游植物细胞丰度为 $28.86 \times 10^4 \sim 43.70 \times 10^4$ 个/m^3，均值为 38.29×10^4 个/m^3。其中，硅藻的平均数量为 23.81×10^4 个/m^3，占浮游植物总量的 62.17%，甲藻丰度均值为 14.49×10^4 个/m^3，占 37.83%。2012 年 7 月，细胞丰度为 $40.16 \times 10^4 \sim 93.36 \times 10^4$ 个/m^3，平均值为 56.57×10^4 个/m^3。其中，硅藻平均数量为 56.40×10^4 个/m^3，占浮游植物总量的 99.69%，甲藻平均数量为 0.16×10^4 个/m^3，占 0.29%，金藻占 0.02%。

调查海域浮游植物群落优势种列于表 2。2011 年 8 月，调查区优势度最高的种类为具槽帕拉藻，单种优势度达 57%，其次为三角角藻，单种优势度达 22%，浮游植物群落以两者联合占据绝对优势，种群结构简单；2011 年 10 月，主要优势种类为角藻、直链藻、角毛藻、圆筛藻及辐环藻，优势种类数量丰富；2012 年 7 月，角毛藻属的联合优势度达 79%，在种类和数量上均占有绝对优势，此外，具槽帕拉藻也具有一定优势，单种优势度为 15%。

表 2　浮游植物优势种及优势度

中文名	拉丁名	优势度		
		2011 年 8 月	2011 年 10 月	2012 年 7 月
八辐辐环藻	*Actinocyclus octonarius*	/	0.025	/
窄隙角毛藻	*Chaetoceros affinis* var. *affinis*	/	/	0.077
旋链角毛藻	*Chaetoceros curvisetus*	/	/	0.28
柔弱角毛藻	*Chaetoceros debilis*	/	/	0.11
劳氏角毛藻	*Chaetoceros lorenzianus*	/	/	0.057
圆柱角毛藻	*Chaetoceros teres*		0.050	0.055
角毛藻	*Chaetoceros* sp.	/	0.13	0.21
虹彩圆筛藻	*Coscinodiscus oculus iridis*		0.023	/
圆筛藻	*Coscinodiscus* sp.		0.058	/
具槽帕拉藻	*Paralia sulcata* var. *sulcata*	0.57	0.17	0.15
梭角藻	*Ceratium fusus*	0.058	0.060	/
三角角藻	*Ceratium tripos*	0.22	0.29	/
小等次硅鞭藻	*Dictyocha fibula*	0.072	/	/

注 "/"表示未检出相关物种或优势度 <0.02，下同。

倾倒区海域浮游植物群落总体上具有硅藻为主、甲藻为次的特征，生态性质以温带近岸性物种为主。倾倒活动结束后，浮游植物群落的物种数量与细胞丰度有所增加，尤其是 2012 年调查发现硅藻在物种及数量上的比例明显上升，甲藻数量骤减，优势类群表现为角藻的衰退和角毛藻的兴起。

浮游生物群落物种多样性是衡量群落稳定性的重要尺度，由于单纯使用某种指数来解释群落多样性容易造成较大偏差[17]，因此该文利用 Shannon-Winner 指数、Margalef 指数和 Pielou 指数对 3 次调查的群落结构进行分析，见表 3。可以看出，2011 年 8 月，浮游植物群落物种数量偏少，细胞丰度分布极不均匀，具槽帕拉藻与三角角藻优势度过大，群落结构相对单一，三大指数值处于较低水平；2011 年 10 月的调查中群落结构状况最佳，浮游植物群落物种丰富多样，细胞数量分布均匀，群落结构稳定；2012 年 7 月，受角毛藻属联合优势度高的影响，浮游植物群落指数值有所降低，但仍处于较高的水平，多样性指数均值为 2 ~ 3，群落结构相对稳定，根据分级标准，倾倒区的生境质量处于一般偏上水平。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表3 调查海域浮游植物群落多样性

指数	2011年8月		2011年10月		2012年7月	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值
Shannon-Winner多样性指数	1.61~2.36	1.90	2.95~3.54	3.13	2.59~2.90	2.81
Margalef丰富度指数	0.44~0.88	0.59	0.80~0.83	0.81	0.68~0.76	0.72
Pielou均匀度指数	0.42~0.68	0.54	0.74~0.89	0.78	0.68~0.75	0.72

2.2 浮游动物群落结构特征

2011年8月，鉴定浮游动物15种，其中桡足类6种，枝角类1种，毛颚类1种，浮游幼虫7种；2011年10月，鉴定浮游动物17种，包括桡足类6种，枝角类1种，毛颚类1种及浮游幼虫9种，另外还有水母类的未定名物种；2012年7月，鉴定浮游动物15种，包括桡足类5种，枝角类1种，端足类1种，毛颚类1种及浮游幼虫7种，另外还有水母类和被囊类的未定名物种。调查区域浮游动物主要为温带近岸种或广温广盐种，物种组成[3,15,18-20]详见表4。

表4 浮游动物的种类组成

中文名	拉丁名	2011年8月	2011年10月	2012年7月
中华哲水蚤	*Calanus sinicus*	+	+	+
背针胸刺水蚤	*Centropages dorsispinatus*	+	+	
近缘大眼剑水蚤	*Corycaeus affinis*	+	+	+
双刺唇角水蚤	*Labidocera bipinnata*	+	+	+
拟长腹剑水蚤	*Oithona similis*		+	+
小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus*	+	+	+
羽小角水蚤	*Pontellina plumata*	+		
鸟喙尖头溞	*Penilia avirostris*	+	+	+
细长脚虫戎	*Themisto gracilipes*			+
强壮箭虫	*Sagitta crassa*	+	+	+
水母类	*Cubozoa*		+	+
住囊虫	*Oidopteura* sp.			+
虾蛄阿利马幼虫	Alima larva	+	+	
海星类羽腕幼虫	Bipinnaria pluteus			+
短尾类幼虫	Brachyura larva	+	+	+
双壳类的幼体	Cyphonautes larva		+	
腹足类的幼体	Gastropoda larva	+	+	
海参的耳状幼虫	Holothuroidea larva	+	+	
长尾类的幼虫	Macrurau larva	+	+	
短尾类大眼幼虫	Megalopa larva		+	+
海蛇尾的长腕幼虫	Ophiopluteus larva	+	+	+
磁蟹的蚤状幼体	Porcellana larva	+		
多毛类幼体	Polychaeta larva		+	+
虾类幼体	Shrimp larva			+
仔稚鱼	Fish larva			+

2011年8月调查区浮游动物个体丰度为101.2~189.6个/m^3，均值为161.4个/m^3，其中桡足类比例为42.3%，浮游幼虫比例为31.5%，毛颚类的比例为23.1%，枝角类的比例为3.1%；浮游动物生物量为24.3~36.3 mg/m^3，平均生物量为29.9 mg/m^3。10月，浮游动物个体丰度为118.1~164.7个/m^3，均值为132.7个/m^3，其中桡足类比例为37.7%，浮游幼虫比例为32.6%，毛颚类比例为29.0%，枝角类与水母类仅在个别站位出现，且丰度较低；相比于8月，浮游动物生物量有所增大，为30.0~39.5 mg/m^3，平均生物量为34.4 mg/m^3。2012年7月，浮游动物个体丰度为65.50~230.0个/m^3，均值为157.4个/m^3，其中桡足类所占比例为38.0%，毛颚类比例为36.3%，浮游幼虫比例为17.6%，枝角类的比例为5.7%，端足类、水母类和被囊动物所占比例很小；浮游动物生物量为43.8~99.5 mg/m^3，平均生物量为77.9 mg/m^3。由于浮游动物摄食浮游

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

植物，因此其数量与浮游植物丰度存在密切关系。从上述数据可以看出，倾倒区海域浮游动物丰度、生物量与浮游植物丰度变化趋势大体一致。

根据各站位种类出现频率及相对丰度计算优势度，按照 $Y \geqslant 0.02$ 来确定优势种，结果见表5。在2011年的2次调查中优势种类变化不大，主要优势种包括双刺唇角水蚤、强壮箭虫、海参的耳状幼虫、海蛇尾的长腕幼虫、短尾类幼虫、长尾类幼虫、中华哲水蚤、小拟哲水蚤、鸟喙尖头溞和背针胸刺水蚤。2012年7月的调查结果显示，浮游动物群落优势种类发生变化，中华哲水蚤成为桡足类的惟一优势种，单种优势度达36%，强壮箭虫的丰度有所增大，单种优势度也为36%，虾类幼体、海蛇尾的长腕幼虫与鸟喙尖头溞也具有一定的优势。

表5 浮游动物优势种及优势度

中文名	拉丁名	优势度		
		2011年8月	2011年10月	2012年7月
中华哲水蚤	*Calanus sinicus*	0.028	0.062	0.36
背针胸刺水蚤	*Centropages dorsispinatus*		0.095	/
双刺唇角水蚤	*Labidocera bipinnata*	0.36	0.19	/
小拟哲水蚤	*Paracalanus parvus*	0.023	0.026	/
鸟喙尖头溞	*Penilia avirostris*	0.022	/	0.059
强壮箭虫	*Sagitta crassa*	0.22	0.29	0.36
短尾类幼虫	Brachyura larva	0.046	0.055	/
海参的耳状幼虫	Holothuroidea larva	0.13	0.14	/
长尾类幼虫	Macrurau larva	0.040	0.046	/
海蛇尾的长腕幼虫	Ophiopluteus larva	0.097	0.068	0.067
虾类幼体	Shrimp larva			0.076

甲壳动物（尤其桡足类）是倾倒区海域浮游动物群落最重要的组成部分，浮游幼虫、毛颚类的强壮箭虫数量丰富，也是浮游动物群落的重要组成，而水母类与被囊动物仅在少数站位出现。2012年调查中浮游动物群落生物量增大的主要原因在于强壮箭虫与中华哲水蚤个体密度的显著增加。

倾倒区海域浮游动物群落多样性状况如表6所示。可以看出，3次调查中Shannon-Winner多样性指数 H' 为2～3，表明浮游动物群落总体上处于比较稳定状态，倾倒区生境质量处于一般水平。2012年7月调查中，浮游动物群落指数值有所降低，主要是由于中华哲水蚤与强壮箭虫的数量大幅增加所致。

表6 调查海域浮游动物群落多样性

指数	2011年8月		2011年10月		2012年7月	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值
Shannon-Winner 多样性指数	2.51～2.69	2.59	2.76～3.07	2.93	1.95～2.41	2.20
Margalef 丰富度指数	1.22～1.36	1.27	1.36～1.45	1.43	0.80～1.56	1.18
Pielou 均匀度指数	0.70～0.78	0.74	0.77～0.86	0.82	0.58～0.65	0.62

3 结论

倾倒活动结束后，烟台西港倾倒区海域的浮游生物群落特征：浮游植物群落具有硅藻为主、甲藻为次的特征，物种组成以温带近岸性为主。倾倒区停用后，随着海域生态环境质量的好转，硅藻数量大增，而甲藻数量骤减，表现为角毛藻的兴起和角藻的衰退。多样性分析表明，浮游植物群落结构比较稳定。甲壳动物尤其桡足类、浮游幼虫及毛颚类的强壮箭虫是浮游动物群落的主要组成，水母类与被囊动物仅在少数站位出现。浮游动物丰度、生物量与浮游植物丰度的变化趋势大体一致，2012年调查时生物量增大的主要原因是强壮箭虫与中华哲水蚤丰度增加。3次调查中多样性指数均值为2～3，浮游动物群落处于比较稳定状态。可以看出，倾倒区使用后期，浮游生物物种丰富多样、分布均匀，群落结构比较稳定，该海域生态环境质量尚好，未发生由倾倒引发的环境风险。

参考文献：

[1] Lalli C M, Parsons T R. Biological oceanography: An

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Introduction [M]. New York: Pergamon Press, 1993: 45-79.

[2] 丁煌英，张庆，孙鲁夫，等. 用浮游生物群落结构特征评价昆明大观河枯水期水质 [J]. 西南林业大学学报，2012，32(6):83-87.

[3] 郑重，李少菁，许振祖. 海洋浮游生物学 [M]. 北京: 海洋出版社，1984.

[4] Barss M A, Fransz H G. Crazing pressure of copepods on the phytoplankton stock of the central North Sea [J]. Netherland Journal of Sea Research, 1984(18): 120-142.

[5] Boutherland P R, Diekie L M. Biomass spectra of aquatic ecosystems in relation to fisheries yield [J]. Canada Journal of Fishery Aquatic Society, 1992(49): 1 528-1 538.

[6] 徐家铸，苏翠荣. 浮游动物群落和数量的变化与水质污染的关系 [J]. 南京师大学报，1980，(2):77-90.

[7] GB 17378.7—2007 海洋监测规范(第7部分): 近海污染生态调查和生物监测 [S].

[8] Shannon C E, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication [M]. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1963: 125.

[9] Margalef D R. Perspectives in ecological theory [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1968: 1-111.

[10] Pielou E C. An Introduction to Mathematical Ecology [M]. New York: Wiley-Interscience, 1969.

[11] 孙军，刘东艳，王威，等. 1998年秋季渤海中部及其邻近海域的网采浮游植物群落 [J]. 生态学报，2004，24(8):1 643-1 655.

[12] HJ 442—2008 近岸海域环境监测规范 [S].

[13] 杨世民，董树刚. 中国海域常见浮游硅藻图谱 [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社，2006.

[14] 金德祥，陈金环，黄凯歌. 中国海洋浮游硅藻类 [M]. 上海: 上海科学技术出版社，1965.

[15] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布 [M]. 北京: 海洋出版社，2008.

[16] 郭皓. 中国近海赤潮生物图谱 [M]. 北京: 海洋出版社，2004.

[17] 孙军，刘东艳，魏皓，等. 琉球群岛邻近海域浮游植物多样性的模糊综合评判 [J]. 海洋与湖沼，2001，32(4):445-453.

[18] 陈清潮，章淑珍. 黄海和东海的浮游桡足类Ⅰ. 哲水蚤目 [J]. 海洋科学集刊，1965，1:20-131.

[19] 陈清潮，章淑珍，朱长寿. 黄海和东海的浮游桡足类Ⅱ. 剑水蚤目和猛水蚤目 [J]. 海洋科学集刊，1974，11: 27-100.

[20] 张武昌，赵楠，陶振铖，等. 中国浮游桡足类图谱 [M]. 北京: 科学出版社，2010.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net