

乐清湾浮游动物现状调查研究

张玉荣^{1,2}, 丁跃平¹, 郭远明¹, 李铁军¹, 薛彬¹, 鲍静姣¹

(1. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100; 2. 浙江省海水增殖重点实验室, 浙江 舟山 316100)

摘要: 依据2011年5月和9月对温州乐清湾湾口附近海域浮游动物现状调查结果, 分析和研究了浮游动物的种类组成、数量分布、多样性、群落结构及其与环境因子的相关性。5月份和9月份分别采获大型浮游动物13大类47种和16大类70种, 调查海域附近浮游动物主要以近岸低盐类群为主, 同时还有少量的半咸水河口类群。5月份浮游动物优势种为中华哲水蚤、球形侧腕水母、百陶箭虫等。9月份浮游动物优势种为背针胸刺水蚤、拿卡箭虫、汤氏长足水蚤、磷虾幼体等。5月份平均个体丰度为91个/m³, 9月份平均个体丰度为115个/m³。5月份平均生物量为0.209 g/m³, 9月份平均生物量为0.222 g/m³。9月份的丰富度指数、均匀度指数、多样性指数和优势度均高于5月份的各项群落结构指数。

关键词: 浮游动物; 种类组成; 丰度; 生物量; 多样性; 乐清湾

中图分类号: Q178.53

文献标识码: A

浮游动物是海洋生态系统中十分重要的生态类群, 其种类组成复杂、数量大、分布广, 有极其重要的生态学意义^[1]。浮游动物不仅是海洋次级生产力, 也是海洋生态系统能量流动和物质循环的主要环节之一, 其种类和数量的变化不仅反映物理环境对它的作用, 而且直接影响着鱼类和浮游植物种类和数量的变动^[2]。

本调查区域位于灵昆岛、大门岛、玉环县西南部所围的乐清湾湾口区。

海湾是海洋深入陆地形成明显水曲的海域, 其处于陆地和海洋之交的纽带部位, 具有复杂的生态系统结构, 是人类赖以维持生态与发展所需要的一种重要自然资源, 在整个海岸带的开发利用中占有特别重要的地位。乐清湾是我国具有重要意义的海湾之一, 水产资源、海涂资源、港口资源和潮汐能源是其四大优势资源, 尤以缢蛏、牡蛎、泥蚶三大贝类苗种基地与增殖养殖而在浙江以至全国久负盛名^[3,4]。由于附近海域优越的环境和地理位置, 沿岸不断开发港口和围海造地,

这与海滩涂养殖之间存在着较大的矛盾, 如何保持海湾的可持续利用已引起有关方面的关注。

迄今为止, 对该海域附近浮游动物的研究报道极少, 仅见刘镇盛等在2002年曾对乐清湾浮游动物的季节变动及摄食率的研究^[3,5]。本文通过2011年5月和9月对调查海域分别进行四个航次的调查取样, 研究该海域的浮游动物的种类组成、数量分布、群落结构及其与环境因子的相关性, 以期为该海域的生态监测、评价、海洋资源可持续利用和发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 室外采样方法

1.1.1 站位布设

2011年5月和9月对调查海域分别进行小潮涨潮、小潮落潮、大潮涨潮和大潮落潮各四个航次的浮游动物、浮游植物、化学和水文等多方面的综合调查。共布设16个浮游动物调查站位(站位1~16), 具体调查位置见表1和图1。

基金项目: 浙江省海洋环保与生态建设项目(浙海渔计[2010]218)。

作者简介: 张玉荣(1982-)女, 汉, 硕士, 工程师, 主要从事海洋环境现状调查与评价工作。E-mail: yurongzhang2008@163.com

表 1 浮游动物调查站位表
Tab. 1 Sampling stations tab of Phytoplankton

站号	经度/E	纬度/N	站号	经度/E	纬度/N
1	121°05′06.49″	28°08′46.62″	9	121°03′24.10″	28°02′01.05″
2	121°02′31.04″	28°07′21.28″	10	121°07′34.17″	27°59′49.48″
3	121°05′42.05″	28°05′40.44″	11	120°59′59.93″	28°00′56.90″
4	121°00′42.50″	28°06′02.01″	12	121°01′57.65″	27°59′31.05″
5	121°02′37.55″	28°05′00.04″	13	120°58′56.81″	27°59′30.08″
6	121°04′37.01″	28°03′57.43″	14	121°03′13.76″	27°56′26.40″
7	121°08′45.73″	28°01′45.64″	15	120°56′01.79″	27°58′35.68″
8	121°00′41.63″	28°03′26.61″	16	120°59′52.37″	27°56′22.07″

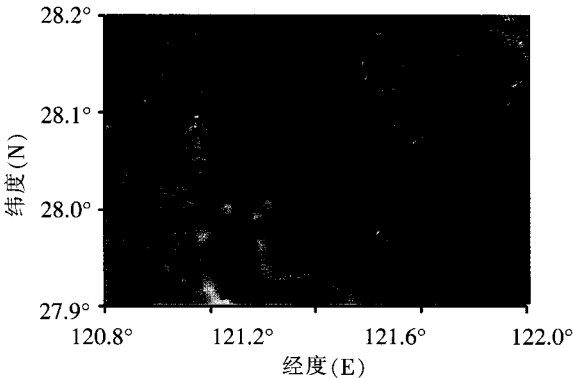


图 1 浮游动物调查站位图
Fig.1 Sampling stations map of phytoplankton

1.1.2 样品采集和分析方法

浮游动物样品用装有流量计的浅水 I 型浮游生物网（网口内径 50 cm，网长 145 cm，网目孔径 507 μm）从底层至表层垂直拖曳采集。采集的样品在现场用 5% 的福尔马林固定。

1.2 室内分析方法

在室内去除杂物后以湿重法称取浮游动物的生物量，然后在体视显微镜下对标本进行鉴定和计数。分析方法按《海洋调查规范》（GB17378.7-1998）进行^[6]。

1.3 群落特征指数的评价

各生态学参数分别依如下公式计算。

多样性指数 H' 采用 Shannon - Weiner 公式：

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

丰度指数 d 采用 Margalef 公式： $d = \frac{S - 1}{\log_2 N}$

均匀度 J 采用 Pielou 公式： $J = \frac{H'}{\log_2 S}$

优势度 D_2 采用 McNaughton 公式： $D_2 = \frac{N_1 + N_2}{N}$

式中： S 为样品中的种类总数； N 为样品中的总个体数； p_i 为样品中第 i 种的个体数占总个体数的比例； N_1 、 N_2 为样品中居第一、二位的优势种的个体数。

2 结果与讨论

2.1 浮游动物种类组成

调查研究结果表明，5 月调查海域四个航次共采获大型浮游动物 13 大类 47 种，桡足类 11 种，占 23.40%；水母类 10 种，占 21.28%；浮游幼体 13 种，占 27.66%；毛颚动物 3 种，占 6.38%；糠虾亚目、磷虾类和端足类各 2 种，分别占 4.26%；涟虫类、被囊动物、软体动物和甲壳类各 1 种，分别占 2.13%。5 月份浮游动物优势种为中华哲水蚤、球形侧腕水母、百陶箭虫等。

9 月调查海域四个航次共采获大型浮游动 16 大类 70 种，桡足类 22 种，占 31.4%；水母类 14 种，占 20.00%；浮游幼体 14 种，占 20.00%；毛颚动物、糠虾亚目、樱虾类各 3 种，分别占 4.29%；磷虾类、端足类、涟虫类和其它类各 2 种，分别占 2.86%；被囊动物、软体动物、介形类和浮游多毛类各 1 种，分别占 1.42%。9 月份浮游动物优势种为背针胸刺水

蚤、拿卡箭虫、汤氏长足水蚤、磷虾幼体、长尾类幼体。

5 月份（左）和 9 月份（右）浮游动物种类组成及所占比例见图 2。浮游动物种类详见表 2。

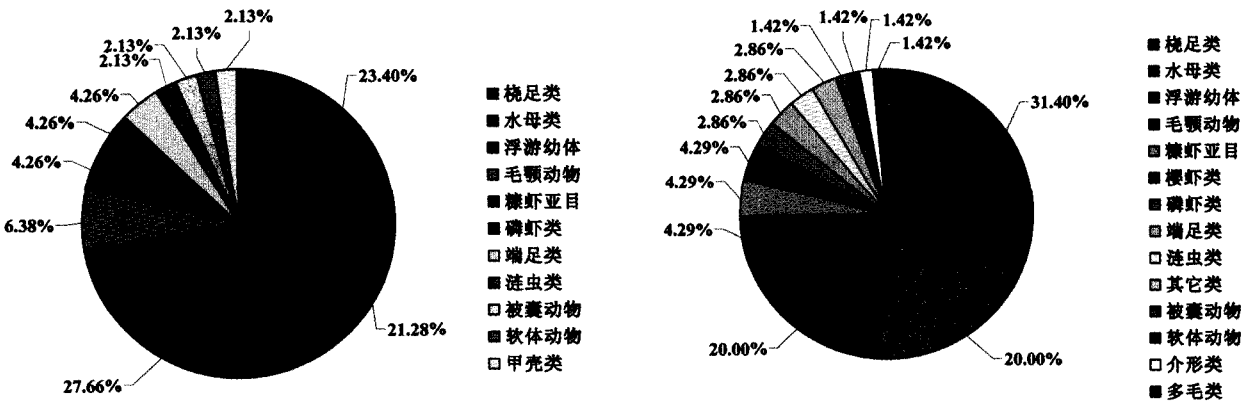


图 2 5 月份(左)和 9 月份(右)浮游动物种类组成及所占比例

Fig.2 Species composition and percentages of zooplankton in May (left) and September(right)

图 2 结果表明，9 月浮游动物种类明显多于 5 月份的种类，其中桡足类和水母类明显增多，可能是由于 9 月份水温较高导致暖水性种类明显增多所致^[5]。

月浮游动物数量明显高于刘振盛等在 2003 年 5 月调查种浮游动物的种类（27 种），9 月份浮游动物数量比其 8 月份调查的种类稍少（78 种）^[5]。

浮游动物种类与历史资料对比，研究发现 5

表 2 调查中浮游动物种类（5 月和 9 月）

Tab.2 Species composition of zooplankton in the investigation (May and September)

序号	中文名称	拉丁文	5 月	9 月
一	水螅水母	HYDROMEDUSAE		
1	水螅水母	<i>Hydromedusae</i> sp.	+	+
2	拟杯水母	<i>Phialucium taeniogonia</i>	+	+
3	两手筐水母	<i>Solmundella bitentaculata</i>	+	+
4	四叶小舌水母	<i>Liriope tetraphylla</i>	+	+
5	和平水母 SP	<i>Eirene</i> sp.		+
6	细颈和平水母	<i>Eirenemenoni</i> Kramp		+
二	管水母	SIPHONOPHORA		
7	五角水母	<i>Muggiaea atlantica</i>	+	+
8	双小水母	<i>Nanomia bijug</i>	+	+
9	双生水母	<i>Diphyes</i> sp.		+
10	拟细浅室水母	<i>Lensia subtiloides</i>		+
三	栉水母	CTENOPHORA		
11	球形侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>	+	+
12	带拟杯水母	<i>Phialucium taeniogonia</i>	+	+
13	海冠水母	<i>Halitemma rubrum</i>		+
14	瓜水母	<i>Beroe cucumis</i>	+	+
15	蝶水母	<i>Ocyropsis</i> sp.	+	

序号	中文名称	拉丁文	5 月	9 月
四	桡足类	COPEPODA		
16	长刺小厚壳水蚤	<i>Scolecithricella longispinosa</i>		+
17	弓角基齿哲水蚤	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>		+
18	中华胸刺水蚤	<i>Centropages sinensis</i>	+	+
19	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	+	+
20	海洋真刺水蚤	<i>Euchaeta rimana</i>	+	
21	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>	+	
22	真刺唇角水蚤	, <i>Labidocera euchaeta</i>	+	
23	刺尾纺锤水蚤	<i>Acartia spinicauda</i>	+	
24	针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>	+	
25	强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris</i>	+	
26	普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>	+	
27	达氏波水蚤	<i>Undinula darwinii</i>	+	
28	背针胸刺水蚤	<i>Centropages dorsispinatus</i>		
29	腹突荡鳃水蚤	<i>Neutrodiaptomus genogibbosus</i>		
30	精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i> Dana		
31	刺尾歪水蚤	<i>Tortanus (Eutortanus) spinicaudatus</i>		
32	汤氏长足水蚤	<i>Calanopia thompsoni</i> A. Scott		
33	微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>		
34	锥形宽水蚤	<i>emora turbinata</i>		
35	平头水蚤	<i>Candaciidae</i> sp.		
36	双刺唇角水蚤	<i>Labidocera bipinnata</i>		
37	钳歪水蚤	<i>Tortanus forcipatus</i>		
38	亚强真哲水蚤	<i>Subeucalanus subcrassus</i>		
39	真刺水蚤幼体	<i>Euchaeta larvae</i>	+	

2.2 浮游动物生态类型

调查海域附近浮游动物主要以近岸低盐类群为主, 同时还有少量的半咸水河口类群。

(1) 近岸低盐类群 该类群是 5 月和 9 月调查的主要生态类群, 其出现频率和数量变化主要受沿岸水系的影响。代表种有真刺唇角水蚤、

针刺拟哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、卵圆涟虫、中华假磷虾、百陶箭虫和拿卡箭虫等。

(2) 半咸水河口类群 该类群种类和数量均较少, 如江湖独眼钩虾。

2.3 浮游动物丰度和生物量

2.3.1 浮游动物丰度

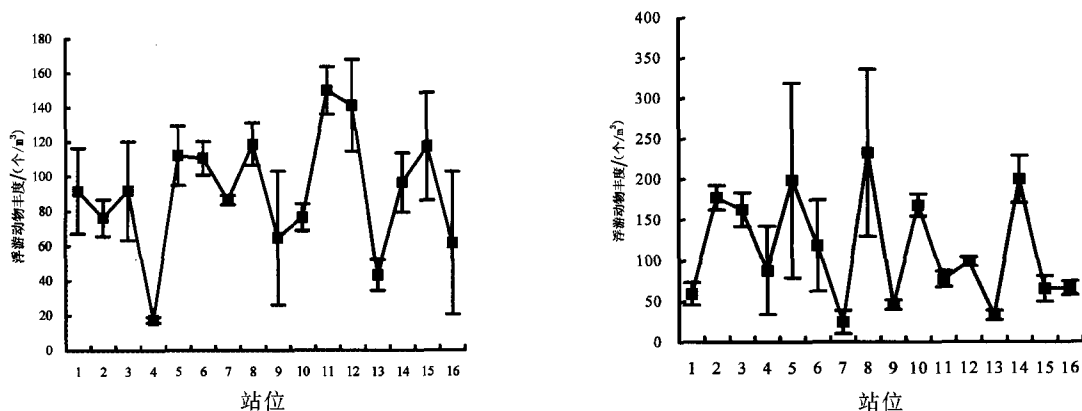


图 3 5 月(左)和 9 月(右)浮游动物丰度

Fig.3 The abundances of zooplankton of May (left) and September (right)

从图3可以看出5月份浮游动物丰度(各站位丰度均取四个航次丰度的平均值)在 $18 \sim 150$ 个/ m^3 之间,平均个体丰度为 91 个/ m^3 。浮游动物丰度最大值出现在站位11,最小丰度出现在站位4。9月份浮游动物丰度在 $25 \sim 233$ 个/ m^3

之间,平均个体丰度为 115 个/ m^3 。浮游动物丰度最大值出现在站位8,最小丰度出现在站位7。9月份浮游动物丰度要高于5月份浮游动物丰度。

2.3.2 浮游动物生物量

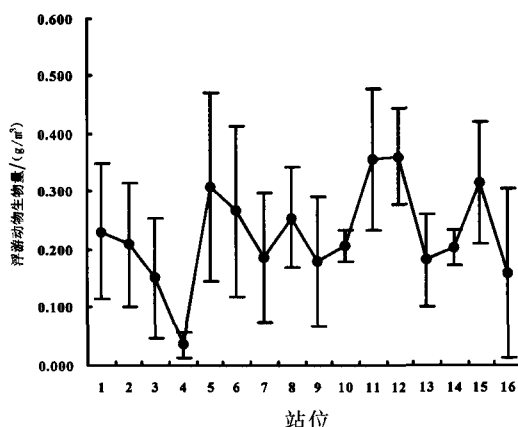
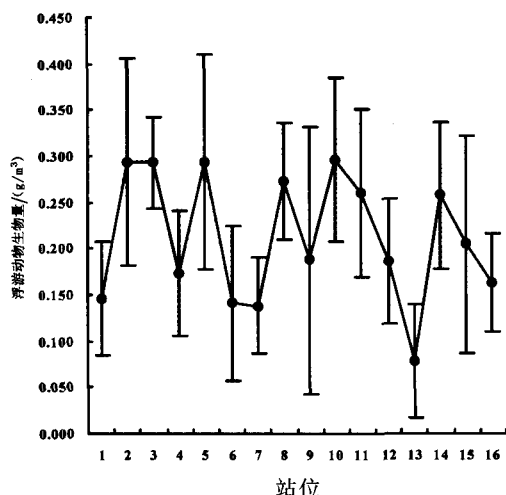


图4 5月(左)和9月(右)浮游动物生物量

Fig.4 The qualities of zooplankton of May (right)and September(left)

从图4可以看出,5月份各站位浮游动物生物量(均取四个航次生物量的平均值)在 $0.079 \sim 0.296$ g/m^3 之间,平均生物量为 0.209 g/m^3 。浮游动物生物量最大值出现在站位10,最小值出现站位13。9月份各站位浮游动物生物量在 $0.036 \sim 0.361$ g/m^3 之间,平均生物量为 0.222 g/m^3 。浮游动物生物量最大值出现在站位12,最小值出现站位4。

2.3.3 浮游动物丰度和生物量与历史资料的比较

与历史资料相比,本次调查海域5月的平均丰度和生物量明显高于历史同期的 58 个/ m^3 和 36.50 mg/m^3 ;9月份的平均丰度明显低于历史同期 160 个/ m^3 ,但生物量却比历史同期(150.78 mg/m^3)的要高^[5],具体原因有待于进一步探讨与研究。

2.4 浮游动物群落与环境因子的关系

将5月和9月的浮游动物丰度数据和浮游植物丰度、温度、悬浮物、化学需氧量、无机氮、磷酸盐数据作相关性分析,得出两个季节的浮游动物丰度和浮游植物丰度、温度、悬浮物、化学需氧量、无机氮、磷酸盐均无明显相关性。

由于盐度是影响河口浮游动物种类、丰度和生物量水平分布的重要因素之一,浮游动物的丰度已经不受浮游植物细胞丰度等环境因子的控制,而是受到了盐度的控制^[7-9]。

2.5 群落特征指数的分布

物种的丰富度指数、均匀度指数、多样性指数和优势度指数是用来分析物种群落结构的常用参数^[10]。

调查海域5月的丰富度指数为 $2.464 \sim 3.652$,平均为 3.116 ,5月份浮游动物丰富度水平较高;均匀度指数在 $0.282 \sim 0.829$,平均值为 0.569 ;多样性指数在 $0.719 \sim 2.410$,平均值为 1.527 ,多样性指数和均匀度指数的最低值出现在站位7,分析该站位的浮游动物种类组成和数量,发现中华哲水蚤在站位7的群落组成中形成明显的优势种类,导致该站位的物种单一,均匀度和多样性均最低;优势度为 $0.286 \sim 0.889$,平均值为 0.598 。

9月份浮游动物丰富度为 $1.764 \sim 4.687$,平均为 3.472 ,9月份丰富度水平也较高;均匀度为 $0.425 \sim 0.937$,平均为 0.745 ;多样性指数为 $1.224 \sim 2.648$,平均为 2.050 ;多样性指数和丰

富度最低值均出现在站位 14, 分析站位 14 的浮游动物组成, 发现长尾类幼体在该站位的群落组成中形成明显的优势种类, 导致该站位的物种单一, 均匀度和多样性均最低。优势度为 0.450 ~ 0.923, 平均为 0.786。

9 月份的丰富度指数、均匀度指数、多样性指数和优势度均高于 5 月份的各项群落结构指数, 但是 9 月份和 5 月份的多样性指数均低于历史同期的 3.16 和 2.94^[5]。

表 3 5 月和 9 月浮游动物群落特征指数统计表

Tab. 3 The parameter statistics of Zooplankton community character of May and September

站位	5 月				9 月			
	丰度指数	均匀度	多样性	优势度	丰度指数	均匀度	多样性	优势度
1	2.614	0.714	1.809	0.711	3.334	0.822	2.143	0.848
2	2.997	0.293	0.769	0.278	4.407	0.771	2.407	0.862
3	2.464	0.311	0.768	0.293	4.372	0.814	2.527	0.898
4	3.625	0.743	1.767	0.773	3.887	0.838	2.380	0.886
5	3.334	0.799	2.240	0.830	4.591	0.760	2.263	0.850
6	2.816	0.477	1.264	0.524	3.158	0.695	1.811	0.721
7	2.692	0.282	0.719	0.268	3.374	0.937	2.200	0.923
8	2.878	0.740	1.989	0.792	4.550	0.774	2.621	0.867
9	3.229	0.330	0.813	0.335	1.764	0.633	1.272	0.608
10	3.346	0.355	0.971	0.382	4.687	0.816	2.648	0.902
11	3.499	0.829	2.410	0.889	2.644	0.746	1.873	0.763
12	3.104	0.689	1.933	0.766	2.287	0.662	1.613	0.722
13	3.592	0.770	2.054	0.796	2.664	0.845	1.895	0.839
14	3.247	0.682	1.877	0.768	3.156	0.425	1.224	0.450
15	2.882	0.693	1.856	0.785	3.360	0.695	1.898	0.759
16	3.652	0.418	1.112	0.416	3.822	0.823	2.255	0.874
最小值	2.464	0.282	0.719	0.268	1.764	0.425	1.224	0.450
最大值	3.652	0.829	2.410	0.889	4.687	0.937	2.648	0.923
平均值	3.116	0.569	1.527	0.598	3.472	0.745	2.050	0.786

3 小结

通过对 2011 年 5 月和 9 月温州乐清湾湾口海域浮游动物现状的分析发现:

(1) 5 月份和 9 月份分别采获大型浮游动物 13 大类 47 种和 16 大类 70 种, 均以桡足类、水母类和浮游幼体为主。9 月种类明显多于 5 月的种类, 可能是由于 9 月份水温较高导致暖水性种类明显增多所致。

(2) 调查海域附近浮游动物主要以近岸低盐类群为主, 同时还有少量的半咸水河口类群。

(3) 5 月份平均个体丰度为 91 个/ m^3 。9 月份平均个体丰度为 115 个/ m^3 。5 月份平均生物量为 0.209 g/ m^3 。9 月份平均生物量为 0.222 g/ m^3 。9 月份浮游动物丰度和生物量均高于 5 月份

浮游动物丰度。

(4) 调查海域浮游动物的丰度不受浮游植物细胞丰度等环境因子的控制, 主要受盐度的控制。

(5) 9 月份的丰富度指数、均匀度指数、多样性指数和优势度均高于 5 月份的各项群落结构指数。

参考文献:

- [1] 李少菁, 许振祖, 黄加棋, 等. 海洋浮游动物学研究 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2001, 40 (2): 574-585.
- [2] 毕洪生, 孙 松, 高尚武, 等. 渤海浮游动物群落生态特点Ⅲ. 部分浮游动物数量分布和季节变动 [J]. 生态学报, 2001, 21 (4): 513-521.
- [3] 中国海湾志编纂委员会, 中国海湾志第六分册

- [M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 168 - 179.
- [4] 张灵杰. 浙江乐清湾资源环境特征及其邻近海岸带综合管理 [J]. 资源科学, 2000, 22 (6): 57 - 61.
- [5] 刘镇盛, 王春生, 张志南, 等. 乐清湾浮游动物的季节变动及摄食率 [J]. 生态学报, 2005, 25 (8): 1853 - 1862.
- [6] 中国质量技术监督局. 海洋监测规范 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [7] 马克平. 生物多样性研究的原理和方法 [M]. 北京: 中国科技出版社, 1994: 141 - 165.
- [8] 何德华, 杨关铭. 1986 年春季东海黑潮及其邻近海区浮游桡足类的分布特征 I. 平面分布 [C] // 黑潮调查研究论文选. 北京: 海洋出版社, 1990, 1: 249 - 265.
- [9] 时翔, 王汉奎, 谭烨辉, 等. 三亚湾浮游动物数量分布及群落特征的季节变化 [J]. 海洋通报, 2007, 26 (4): 42 - 49.
- [10] 孙军, 刘东艳. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用 [J]. 海洋学报, 2004, 26 (1): 62 - 75.

Present situation investigation on zooplankton in Yueqing Bay

ZHANG Yu-rong^{1,2}, DING Yue-ping¹, GUO Yuan-ming¹,
LI Tie-jun¹, XUE Bin¹, BAO Jing-jiao¹

(1. Marine Fishery Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China;

2. Zhejiang Province Key Lab of Mariculture & Enhancement, Zhoushan 316100, China)

Abstract: Based on the survey in May and September, the zooplankton species composition, quantity distribution, diversity, community structure and relationship between abundance and environmental factors in Yueqing Bay were studied. The results showed that there were 47 species zooplankton in 13 groups in May and 70 species in 16 groups in September. The zooplankton in the survey area were mainly composed of coastal low saline species, and also a few of brackish water species. The main species of May were *Calanus sinicus*, *Leurobrachia globosa*, *Sagitta bedoti* Beraneck, and the main species of September were *Centropages dorsispinatus*, *Sagitta naga*, *Calanopia thompsoni*, *Euphausiacea larvae* and *Macruran Larvae*. The abundances of zooplankton in May were 91 ind/m³, and 115 ind/m³ in September. The qualities of zooplankton in May were 0.209 g/m³, and 0.222 g/m³ in September. The Margalef richness index, Pielou evenness index, Shannon - Weiner diversity index and Simpson dominance index in September were more than those in May.

Key words: zooplankton; species composition; abundance; quantity; diversity; Yueqing Bay