

文章编号: 1674-5566(2017)04-0607-08

DOI:10.12024/jsou.20161201911

东山湾浮游动物群落的划分和特征比较

孙鲁峰, 李秀启

(山东省淡水渔业研究院, 山东 济南 250013)

摘要: 利用 Primer 数据统计软件对 2012 年 11 月、2013 年 2 月、2013 年 5 月和 2013 年 8 月东山湾海域浮游动物进行数据分析, 结果表明调查海域浮游动物明显分为了湾外群落、漳江群落、河口群落和湾内群落, 不同浮游动物群落在种类丰度组成、种类季节变化和多样性季节变化上存在一定差异性。漳江群落受冲淡水影响最大, 在种类组成上主要为异体住囊虫、红住囊虫、小拟哲水蚤和右突歪水蚤; 河口群落处于半咸水区域, 以太平洋纺锤水蚤为主; 湾内群落以太平洋纺锤水蚤、针刺拟哲水蚤和中华哲水蚤为主; 湾外群落的肥胖箭虫、亚强次真哲水蚤和针刺拟哲水蚤是构成丰度结构最重要的种类。纵观 4 个季节浮游动物不同群落优势种的变化, 发现在 2012 年 11 月和 2013 年 2 月 4 个群落的优势种差异并不明显, 但在 2013 年 5 月和 2013 年 8 月 4 个群落优势种明显不同。

关键词: 东山湾; 浮游动物; 群落结构; 季节变化

中图分类号: S 932.8 **文献标志码:** A

福建东山湾地处台湾海峡西侧, 是闽南最大的海湾。该湾三面山丘环抱, 呈不规则的梨形深入陆地, 其口小腹大, 南与台湾海峡水相连, 北有漳江水注入, 是一个典型的亚热带河口海湾。东山湾地理环境的特殊性也导致了调查海域水环境的多样性, 既有河口型半咸水海域, 也有受台湾水团影响显著的外海水域, 还有水体交换能力较差的湾内水域^[1], 东山湾水域环境的复杂性同时导致了浮游动物在不同水域环境下分布的差异性, 因此东山湾是一个研究不同水环境与浮游动物群落关系的理想水域, 对该海域浮游动物和水环境关系的研究也有助于对其他不同海湾浮游动物的研究。

国外对典型海湾浮游动物的研究很多, SALAS-DE-LEÓN 在 2010 年对加利福尼亚海湾浮游动物和洋流的关系进行了相关研究^[2], COYLE 等调查并模拟了阿拉斯加海湾北部浮游动物数量的变化^[3], 我国对海湾的浮游动物研究已有许多报道, 对乐清湾^[4]、三沙湾^[5]、兴化湾^[6]和杭州湾^[7-10]的浮游动物开展了很多研究, 对东

山湾浮游动物也开展过一些研究报道, 如朱长寿^[11]等在 1981—1982 年对东山湾浮游动物种类群落组成、生物量和多样性进行了研究; 林景宏等研究了东山湾 1988—1989 年桡足类的分布^[12], 对东山湾海域浮游动物较新的研究则是 2007 年郑惠东对东山湾浮游动物种类群落组成和数量分布的调查^[13]。但这些已有的论著仅限于对生物量、种类组成等的描述, 而并未具体阐述浮游动物生态类群与东山湾水环境的重要关系, 因此有必要开展对东山湾不同水域浮游动物群落特征的比较研究。

1 材料与方法

1.1 采样区域和方法

于 2012 年 11 月、2013 年 2 月、2013 年 5 月、2013 年 8 月进行浮游动物样品采集, 站位设置见图 1, 共设 15 个采样站位, 其中 2012 年 12 月首航次调查中共布设 1#~12# 站位, 其余航次在首航次基础上增加了湾外 3 个站位 13#~15# 站位。浮游动物样品采集和室内处理均按照《海洋调查

收稿日期: 2016-12-01 修回日期: 2017-05-02

基金项目: 国家自然科学基金(41176131); 国家重点基础研究发展计划(2010CB428705)

作者简介: 孙鲁峰(1985—), 男, 硕士研究生, 研究方向为海洋生态学。E-mail: bensun236@163.com

通信作者: 李秀启, E-mail: xiuqili@sina.cn

规范》进行。用浅水 I 型浮游生物网由底至表层垂直拖曳采集,按个体计数法在立体显微镜下计数测定浮游动物样品丰度(单位: ind/m³),并鉴定到种。

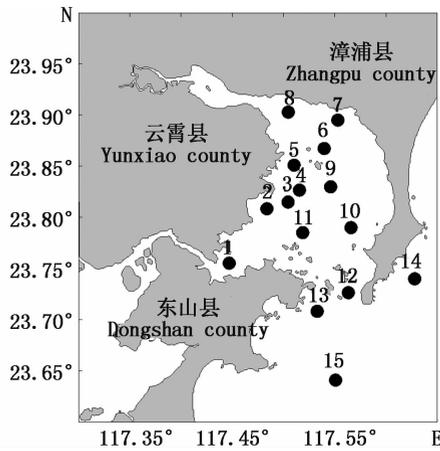


图 1 采样站位

Fig. 1 Sampling stations of zooplankton in Dongshan Bay

1.2 数据处理

香农-威纳 (Shannon-Weaner) 多样性指数^[14]:

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

式中: H' 为物种多样性指数值; S 为样品中的总种数; P_i 为第 i 种的个体丰度 (n_i) 与总丰度 (N) 的比值 (n_i/N)。

聚类分析: 数据经过 Primer 5.0 软件处理后进行聚类分析, 将所需数据取平方根, 以获得齐性方差数据^[15]。

2 结果

2.1 东山湾海域浮游动物群落结构划分

依据 2012—2013 年度的浮游动物数据, 做平方根处理后, 利用 Primer 5.0 作图, 聚类分析结果见图 2, 在 25% 置信区间可以将站位分为 4 个群落, 将其分别称之为湾外群落、漳江群落、河口群落和湾内群落, 湾外群落为湾外的 12#、13#、14# 和 15# 站位, 位于湾外水域; 漳江群落为漳江入海口最近的 8# 站位, 位于漳江水域; 河口群落为漳江入海口最近的 5# 和 7# 站位, 位于河口水域; 湾内群落为湾内其余站位, 位于湾内水域。

落和湾内群落, 湾外群落为湾外的 12#、13#、14# 和 15# 站位, 位于湾外水域; 漳江群落为漳江入海口最近的 8# 站位, 位于漳江水域; 河口群落为漳江入海口最近的 5# 和 7# 站位, 位于河口水域; 湾内群落为湾内其余站位, 位于湾内水域。

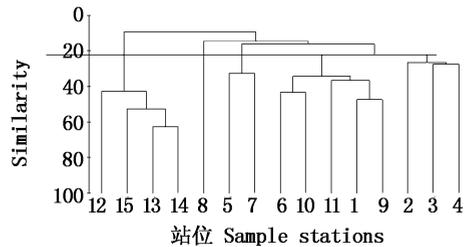


图 2 浮游动物聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of zooplankton

2.2 不同群落种类数及其季节变化

漳江群落在 2012 年 11 月未采集到样品, 2013 年 5 月种类数最多, 为 7 种, 其次是夏季 3 种, 冬季仅采集到 1 种浮游动物; 河口群落在 2012 年 11 月和 2013 年 5 月均采集到 5 种浮游动物, 冬季和夏季均是 2 种浮游动物; 湾内群落在秋季浮游动物种类数最高, 为 18 种, 其次是春季 14 种, 冬季为 9 种, 夏季最低为 5 种。

2012 年 11 月调查海域种类数较高的 2 个站位是湾内群落的 1 号站位与湾外群落的 12 号站位; 冬季浮游动物种类数最高的站位是湾内群落的 2 号站位; 2013 年 5 月浮游动物种类数最高的站位则是漳江群落的 8 号站位; 2013 年 8 月湾外群落 15 号站位浮游动物种类数最高。

2.3 不同群落种类组成

漳江群落丰度较高的种类有异体住囊虫、红住囊虫、小拟哲水蚤和右突歪水蚤; 河口群落丰度构成中太平洋纺锤水蚤占绝对优势; 湾内群落丰度较高的种类有 3 种, 分别为太平洋纺锤水蚤、针刺拟哲水蚤和中华哲水蚤; 湾外群落的肥胖箭虫、亚强次真哲水蚤和针刺拟哲水蚤是丰度较高的种类(表 2)。

表 1 浮游动物不同群落种类数季节变化
Tab.1 Species richness of each eco-group in different seasons

群落 Group	种类数 Species			
	2012.11	2013.02	2013.05	2013.08
漳江群落 Zhangjiang community	0	1	7	3
河口群落 Estuarine community	5	2	5	2
湾内群落 Inner bay communities	18	9	14	5
湾外群落 Outer bay community	18	4	7	24

表 2 不同群落浮游动物丰度均值范围
Tab.2 The zooplankton abundance of different ecological groups ind/m³

种名 Species	漳江群落 Zhangjiang community	河口群落 Estuarine community	湾内群落 Inner bay communities	湾外群落 Outer bay community
异体住囊虫 <i>Oikopleura dioica</i>	★★★★★	-	☆☆☆	-
红住囊虫 <i>Oikopleura rufescens</i>	★★★★	-	-	-
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	-	-	-	★★★★★
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	☆☆☆	★★★★★	★★★★★	-
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>	-	-	★★★★★	★★★★★
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	-	-	★★★★★	-
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	★★★★★	-	-	-
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	☆☆☆	-	-	-
刺尾纺锤水蚤 <i>Acartia spinicauda</i>	☆☆☆	-	-	-
亚强次真哲水蚤 <i>Subeucalanus subcrassus</i>	-	-	-	★★★★★
右突歪水蚤 <i>Tortanus dextrilobatus</i>	★★★★★	-	-	-
孔雀唇角水蚤 <i>Labidocera pavo</i>	☆☆☆	-	-	-
强卷螺 <i>Agadina sympsini</i>	☆☆☆	-	-	-

注:“-”表示丰度范围为 0~0.1 ind/m³ (包括 0),“☆☆☆”为 1~2 ind/m³,“★★★★”为 2~10 ind/m³,“★★★★★”为 >10 ind/m³

Note:“-” means the abundance is 0-1 ind/m³ (including 0),“☆☆☆” means 1-2 ind/m³,“★★★★” means 2-10 ind/m³,“★★★★★” means >10 ind/m³

2.4 不同群落结构浮游动物多样性指数及季节变化

漳江群落多样性指数在春季最高,为 2.60,夏季其次为 1.29,秋冬两季最差;河口群落多样性水平秋季最高为 1.5,春季其次为 1.39,夏季为 0.79,冬季最低为 0.5;湾内群落多样性水平最高为 1.93,春季其次为 1.3,夏季为 1.11,冬季最低为 0.45;湾外群落多样性最高为夏季,指数值为 2.79,其次为秋季 1.86,春季为 1.80,冬季为 0.25(图 3)。

浮游动物多样性指数在 2012 年 11 月湾内群落 11 号站位多样性指数最高,2013 年 2 月多样性最高值也出现在湾内群落 2 号站位,2013 年 5 月漳江群落 8 号站位多样性最高,在 2013 年夏季期间,湾外群落站位多样性最高。

2.5 浮游动物不同群落优势种组成的季节变化

2012 年 11 月调查海域优势种主要为针刺拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤,但这两种优势种主要分布在湾内群落站位,其丰度明显高于河口群落

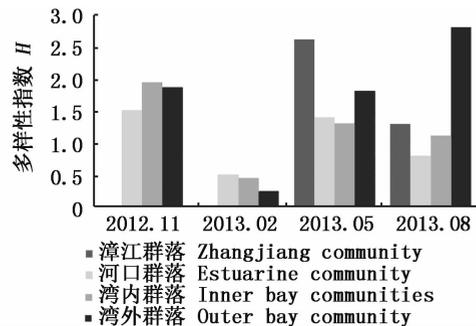


图 3 不同群落多样性指数季节变化
Fig.3 Seasonal variation of zooplankton's H for each eco-group

和湾外群落站位。

2013 年 2 月调查海域优势种主要为中华哲水蚤,其丰度分布也主要集中在湾内群落站位海域,明显高于其他 3 个群落海域。

2013 年 5 月 4 个群落结构优势种群落组成均不相同,漳江群落为右突歪水蚤,河口群落为太平洋纺锤水蚤和虫肢歪水蚤,湾内群落为中华

哲水蚤,湾外群落则为中型莹虾。

2013年8月4个群落结构优势种群落组成也不相同,异体住囊虫是漳江群落和湾内群落共有的优势种,强额拟哲水蚤是河口群落和湾内群

落共有的优势种,但强额拟哲水蚤的丰度远远低于异体住囊虫丰度,湾外群落的优势种完全不同于其他3群落结构,由亚强次真哲水蚤和肥胖箭虫群落组成。

表3 不同群落结构浮游动物优势种群落组成
Tab.3 dominant species of different eco-groups

季节 Seasonal	漳江群落 Zhangjiang community			河口群落 Estuarine community		
	种名 Species	丰度 Abundance	丰度百分比 /%	种名 Species	丰度 Abundance	丰度百分比 /%
201211				针刺拟哲水蚤	7.50	30.00
				百陶箭虫	5.00	20.00
201302	中华哲水蚤	2.50	95.00	中华哲水蚤	5.00	95.00
	右突歪水蚤	15.00	20.00	太平洋纺锤水蚤	22.50	56.25
201305				虫肢歪水蚤	5.00	12.50
	异体住囊虫	50.00	76.92	强额拟哲水蚤	5.00	50.00
201308	红住囊虫	10.00	15.38			
季节 Seasonal	湾内群落 Inner bay communities			湾外群落 Outer bay community		
	种名 Species	丰度 Abundance	丰度百分比 /%	种名 Species	丰度 Abundance	丰度百分比 /%
201211	太平洋纺锤水蚤	188.50	46.70	针刺拟哲水蚤	35.63	75.00
	针刺拟哲水蚤	78.83	19.53	太平洋纺锤水蚤	3.75	7.89
201302	中华哲水蚤	33.75	63.77	中华哲水蚤	0.96	50.94
				瘦尾胸刺水蚤	0.47	24.98
201305	中华哲水蚤	81.82	68.68	中型莹虾	0.33	2.06
	异体住囊虫	64.17	83.70	亚强次真哲水蚤	75.69	52.17
201308	强额拟哲水蚤	5.83	7.61	肥胖箭虫	31.58	21.77

3 讨论

3.1 浮游动物不同群落环境要素分析

依据 Primer 数据统计结果,调查海域明显分为湾外群落、漳江群落、河口群落和湾内群落,不同群落的生态特征与东山湾的特殊的地理地貌和水团有一定的联系。

东山湾湾顶有漳江入海^[1],而8#站位位于湾顶,受漳江冲淡水影响最大,该站位的盐度较低,一些淡水种往往会出现在河流入海的这种海域^[16-19],调查海域8号站位的8#站位的浮游动物组成了漳江群落;在漳江群落的外侧5#和7#站位受漳江影响明显,但又弱于8#站位冲淡水的影响,为典型的半咸水区域,属于河口种的浮游动物往往会在这种半咸水区域生长和繁殖^[20-27],5#和7#站位浮游动物群落组成河口群落;东山湾由于湾口狭窄,水体交换能力较弱,湾内海域受漳

江的影响较湾外海域盐度低,湾内海域的浮游动物主要为适盐性较低的近岸种,组成湾内群落,湾外海域地处台湾海峡西侧海域,会受到浙闽沿岸流和台湾暖流的影响,特别是夏季,高温高盐的海峡暖流水是台湾海峡主要的水团^[28-29],湾外海域受到高温高盐海水的影响,会有一些适温性和适盐性较高的外海种在该海域生长,组成湾外群落。

3.2 不同群落的种类数差异与水环境关系

4个群落种类数也存在着季节变化(表1),漳江群落在春季种类数最高,这是因为春季漳江径流量最大,漳江携带的营养盐对漳江群落海域的初级生产力影响较大,而初级生产力较高的海域往往浮游动物也较多^[31],导致漳江群落春季种类数较其他3个季节高;河口群落和湾内群落在春秋两季种类数高,夏季种类数较低,这一现象与东山湾养殖活动有一定关系,张世羊等的研

究表明,浮游甲壳类动物会随着养殖密度的增加而降低^[32-34],而夏季则是东山湾养殖活动最旺盛的季节,造成了夏季河口群落和湾内群落浮游动物种类数较低;湾外群落在夏季种类数最高,这是因为湾外群落构成中有许多外海种类,夏季台湾暖流势力最强,携带的浮游动物外海种和营养物质导致了这一现象。

纵观 4 个季节不同群落种类数的变化,湾内群落和湾外群落种类数在 4 个季节中一直处于前两位,在 2012 年秋季、2013 年冬季和 2013 年 5 月的春季,湾内群落种类数最高,其次是湾外群落,但在 2013 年夏季,湾外群落浮游动物种类数远远大于湾内群落,漳江群落及河口群落种类数一直较少。

3.3 不同群落种类组成与水环境差异

依据表 2 的结果,每个群落种类组成上存在一定差异。漳江群落由于其地理位置的特殊性,在所有的调查站位中受漳江冲淡水的影响最大,其群落组成也较为独特,构成丰度较为重要的种类和其他 3 个群落完全不同,群落组成较为简单,主要是桡足类和被囊类;河口群落较湾内群落受漳江冲淡水影响明显,群落组成较漳江群落丰富,涟虫类、磷虾类和毛颚类也出现在河口群落中,虽然两个群落种类组成有所不同,但两个群落所处地理位置紧密相连,种类组成又有一定的相似性,太平洋纺锤水蚤在漳江群落和河口群落丰度组成上均是重要种类;湾内群落和湾外群落受到东山湾地形的影响,天然的地形屏障使得这两个群落存在明显差异,湾外群落重要丰度种类主要为外海高温高盐种类^[30],但由于东山湾是一个半封闭海湾,海水交换也使得湾内群落和湾外群落出现一些共同种类^[13],其中针刺拟哲水蚤在两个群落中都是丰度组成的重要种类,湾外群落一些外海、高温高盐种也出现在了湾内群落,但丰度相对较小,不但种类组成有一定区别,并且种类数也有差异。

3.4 不同群落多样性的变化与水环境关系

浮游动物不同群落的多样性指数在 4 个季节中也存在一定变化(表 3),冬季由于调查海域整体多样性差,4 个群落的多样性都是年度最低,其余 3 个季节的多样性变化存在以下特点:(1)河口群落和湾内群落的多样性水平基本相似,并且 3 个季节的变化也不明显;(2)湾外群落的多

样性水平一直较高,并且季节变化差异较大,特别是在夏季,湾外群落多样性指数远高于其他群落,这与湾外群落种类数变化基本相似,主要原因也是台湾暖流等势力的加强^[35-36],携带了一些浮游动物外海种类,导致湾外群落多样性指数远高于其他群落;(3)漳江群落多样性季节变化明显,在春季 5 月调查中多样性远高于其他群落,这与漳江群落春季种类数最高的原因一致,都是由于漳江 5 月经流量最大引起的。

3.5 不同群落优势种的变化与水环境关系

纵观 4 个季节浮游动物不同群落优势种的变化(表 4),不难发现在 2012 年 11 月和 2013 年 2 月 4 个群落的优势种差异并不明显:2012 年 11 月不同群落的优势种基本都是针刺拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤,2013 年 2 月 4 个群落的优势种都是中华哲水蚤,这是因为秋季和冬季漳江水流处于枯水期,湾外的台湾暖流势力也较弱,两个水团对东山湾 4 个群落的影响都不明显,因此在这两个季节 4 个群落优势种变化不明显;但在 2013 年 5 月和 2013 年 8 月 4 个群落优势种明显不同,春季和夏季漳江径流和台湾暖流势力加强,对东山湾 4 个群落海域的影响明显,导致了这两个季节不同群落优势种组成差异很大,而在秋季和冬季,这两个水团对东山湾的影响开始减弱,使得秋冬两季浮游动物不同群落优势种差异并不明显。

参考文献:

- [1] 郑斌鑫,廖康明,曾志,等. 东山湾潮流动力特征研究[J]. 台湾海峡, 2009, 28(4): 546-552.
ZHENG B X, LIAO K M, ZENG Z, et al. Study on the characteristics of tidal current dynamic in Dongshan Bay[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2009, 28(4): 546-552.
- [2] SALAS-DE-LEÓN D A, CARBAJAL N, MONREAL-GÓMEZ M A, et al. Vorticity and mixing induced by the barotropic M2 tidal current and zooplankton biomass distribution in the Gulf of California[J]. Journal of Sea Research, 2011, 66(2): 143-153.
- [3] COYLE K O, GIBSON G A, HEDSTROM K, et al. Zooplankton biomass, advection and production on the northern Gulf of Alaska shelf from simulations and field observations[J]. Journal of Marine Systems, 2013, 128: 185-207.
- [4] 张玉荣,丁跃平,郭远明,等. 乐清湾浮游动物现状调查研究[J]. 福建水产, 2012, 34(3): 189-195.

- ZHANG Y R, DING Y P, GUO Y M, et al. Present situation investigation of zooplankton near Yueqing bay[J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 2012, 34(3): 189-195.
- [5] 徐佳奕, 徐兆礼. 三沙湾浮游动物生态类群演替特征[J]. *生态学报*, 2013, 33(5): 1413-1424.
- XU J Y, XU Z L. Seasonal succession of zooplankton in Sansha Bay, Fujian[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(5): 1413-1424.
- [6] 徐晓群, 曾江宁, 寿鹿, 等. 兴化湾浮游动物群落季节变化和水平分布[J]. *生态学报*, 2010, 30(3): 734-744.
- XU X Q, ZENG J N, SHAO L, et al. Seasonal variation and horizontal distribution of zooplankton community in Xinghuawan Bay[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(3): 734-744.
- [7] 陈亚瞿, 徐兆礼, 李志诚, 等. 杭州湾北岸上海石化总厂附近海域浮游动物生态的初步研究[J]. *海洋环境科学*, 1992, 11(1): 9-13.
- CHEN Y Q, XU Z L, LI Z C, et al. An Ecological study on zooplankton in the north part of Hangzhou Bay[J]. *Marine Environmental Science*, 1992, 11(1): 9-13.
- [8] 张冬融, 徐佳奕, 徐兆礼, 等. 杭州湾南岸海域春秋季节浮游动物分布特征与主要环境因子的关系[J]. *生态学杂志*, 2014, 33(8): 2115-2123.
- ZHANG D R, XU J Y, XU Z L, et al. Distribution pattern of zooplankton in the south part of Hangzhou bay during spring and Au-Tumn in relation to main environmental factors[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(8): 2115-2123.
- [9] 徐兆礼, 沈新强, 袁骥, 等. 杭州湾洋山岛周围海域浮游动物分布特征[J]. *水产学报*, 2003, 27(s1): 69-75.
- XU Z L, SHEN X Q, YUAN Q, et al. Distribution characteristics of zooplankton in waters around Yangshan islands in Hangzhou Bay[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, 27(s1): 69-75.
- [10] 陈华, 徐兆礼. 杭州湾洋山工程群对邻近水域浮游动物数量分布的影响[J]. *中国水产科学*, 2010, 17(6): 1319-1326.
- CHEN H, XU Z L. Effects of Yangshan project in Hangzhou Bay on distribution of zooplankton biomass in the adjacent waters[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(6): 1319-1326.
- [11] 朱长寿, 万伟龙, 陈栩, 等. 福建东山湾浮游动物的种类组成和分布特点[J]. *热带海洋*, 1993, 12(3): 10-16.
- ZHU C S, WAN W L, CHEN X, et al. The features of zooplankton species composition and distribution in Dangshan Bay of Fujian[J]. *Tropic Oceanology*, 1993, 12(3): 10-16.
- [12] 林景宏, 陈瑞祥. 东山湾浮游桡足类的分布[J]. *海洋通报*, 1992(4): 41-46.
- LIN J H, CHEN R X. Distribution of planktonic copepods in Dongshan bay, Fujian Province [J]. *Marine Science Bulletin*, 1992(4): 41-46.
- [13] 郑惠东. 福建东山湾浮游动物的种类组成与数量分布特点[J]. *福建水产*, 2009(2): 11-17.
- ZHENG H D. Species composition and distribution of zooplankton in Dongshan Bay [J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 2009(2): 11-17.
- [14] 杜荣骞. *生物统计学*[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- DU R Q. *The Biostatistics* [M]. Beijing: China Higher Education Press, 2007.
- [15] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用[J]. *青岛海洋大学学报(自然科学版)*, 2003, 33(1): 58-64.
- ZHOU H, ZHANG Z N. Rationale of the multivariate statistical software primer and its application in benthic community ecology [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2003, 33(1): 58-64.
- [16] 蔡萌, 徐兆礼, 朱德弟. 长江口及邻近海域浮游端足类分布特征[J]. *海洋学报(中文版)*, 2008, 30(5): 81-87.
- CAI M, XU Z L, ZHU D D. Distribution characteristics of pelagic amphipoda in the Changjiang estuary and adjacent waters[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2008, 30(5): 81-87.
- [17] 陈佳杰, 徐兆礼, 朱德弟. 长江口及邻近海域浮游磷虾类数量和分布的季节特征[J]. *生态学报*, 2008, 28(11): 5279-5285.
- CHEN J J, XU Z L, ZHU D D. Seasonal abundance and distribution of pelagic euphausiids in the Changjiang Estuary, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5279-5285.
- [18] 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[J]. *中国水产科学*, 1995, 2(1): 59-63.
- 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.
- [19] 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 I 生物量及优势种的平面分布[J]. *中国水产科学*, 1995(1): 49-58.
- 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 I: biomass distribution of dominant species[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995(1): 49-58.
- [20] 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[J]. *海洋科学*, 2005, 29(12): 13-19.
- 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.
- [21] 孙鲁峰, 孙岳, 徐兆礼. 椒江口海域浮游动物群落季节变化特征[J]. *上海海洋大学学报*, 2014, 23(1): 131-138.

- SUN L F, SUN Y, XU Z L. The study on the seasonal variations of zooplankton community in Jiaojiang coastal waters [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2014, 23(1): 131-138.
- [22] 陈雷, 徐兆礼, 姚炜民, 等. 瓯江口春季营养盐、浮游植物和浮游动物的分布[J]. *生态学报*, 2009, 29(3): 1571-1577.
- CHEN L, XU Z L, YAO Y M, et al. The distribution of nutrients phytoplankton and zooplankton in spring of The Oujiang river estuary [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1571-1577.
- [23] 徐兆礼, 沈益绿, 李新正. 瓯江口海域夏、秋季口足目和十足目虾类分布特征[J]. *中国水产科学*, 2009, 16(1): 104-112.
- XU Z L, SHEN A L, LI X Z. Distribution of hoplocarida and decapoda shrimps in Oujiang Estuary, East China Sea [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, 16(1): 104-112.
- [24] 高倩, 徐兆礼. 瓯江口水域夏、秋季浮游动物数量时空分布特征[J]. *中国水产科学*, 2009, 16(3): 372-380.
- GAO Q, XU Z L. Distribution pattern of zooplankton in the Oujiang estuary during summer and autumn [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, 16(3): 372-380.
- [25] 高倩, 徐兆礼. 瓯江口夏、秋季浮游动物种类组成及其多样性[J]. *生态学杂志*, 2009, 28(10): 2048-2055.
- GAO Q, XU Z L. Species composition and diversity of zooplankton in Oujiang River estuary in Summer and Autumn [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(10): 2048-2055.
- [26] 徐兆礼, 王云龙, 袁骥, 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): 15-19.
- 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 Science of China*, 1999, 6(5): 15-19.
- [27] 高倩, 徐兆礼, 庄平. 长江口北港和北支浮游动物群落比较[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(9): 2049-2055.
- GAO Q, XU Z L, ZHUANG P. Comparison of mesozooplankton communities in North Channel and North Branch of Yangtze River Estuary [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(9): 2049-2055.
- [28] 田丰歌, 徐兆礼. 福建中部近海浮游动物生态特征与水团的关系[J]. *热带海洋学报*, 2012, 31(6): 107-114.
- TIAN F G, XU Z L. Impact of seasonal variation of water masses on ecological characters of zooplankton in the coastal waters off central Fujian province [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2012, 31(6): 107-114.
- [29] 田丰歌, 徐兆礼. 福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系[J]. *生态学报*, 2012, 32(4): 1097-1104.
- TIAN F G, XU Z L. Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(4): 1097-1104.
- [30] 徐佳奕, 刘守海, 徐兆礼, 等. 三沙湾浮游动物群落对水团季节变化的响应[J]. *应用与环境生物学报*, 2014, 20(5): 869-876.
- XU J Y, LIU S H, XU Z L, et al. Responses of zooplankton community to changes in water masses in the Sansha Bay [J]. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2014, 20(5): 869-876.
- [31] 孙鲁峰, 柯昶, 徐兆礼, 等. 上升流和水团对浙江中部近海浮游动物生态类群分布的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(6): 1811-1821.
- SUN L F, KE C, XU Z L, et al. The influence of upwelling and water mass on the ecological group distribution of zooplankton in Zhejiang coastal waters [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(6): 1811-1821.
- [32] 陈丽梅, 刘利华, 贾晓平, 等. 2012 年大神堂贝类养殖区浮游生物的群落结构[J]. *水生态学杂志*, 2014, 35(1): 28-33.
- CHEN L M, LIU L H, JIA X P, et al. Plankton community structure in shellfish culture area of Dashentang in 2012 [J]. *Journal of Hydroecology*, 2014, 35(1): 28-33.
- [33] 邢永泽, 刘项峰, 赖廷和, 等. 红树林埋式管网生态养殖系统浮游动物生态特征研究[J]. *水产科学*, 2014, 33(7): 438-442.
- XING Y Z, LIU X F, LAI Y H, et al. Ecological characteristics of zooplankton in situ underground tube mangrove eco-farming system [J]. *Fisheries Science*, 2014, 33(7): 438-442.
- [34] 张世羊, 周巧红, 成水平, 等. 复合养殖系统中浮游动物种类丰度及其影响因素[J]. *中国环境科学*, 2009, 29(7): 745-750.
- ZHANG S Y, ZHOU Q H, CHENG S P, et al. Zooplankton species richness and impact factors in a compound aquaculture system [J]. *China Environmental Science*, 2009, 29(7): 745-750.
- [35] 曾定勇, 倪晓波, 黄大吉. 冬季浙闽沿岸流与台湾暖流在浙南海域的时空变化[J]. *中国科学: 地球科学*, 2012, 42(7): 1123-1134.
- ZENG D Y, NI X B, HUANG D J. Temporal and spatial variability of the Zhemin coastal current and the taiwan warm current in winter in the Southern Zhejiang coastal sea [J]. *Scientia Sinica Terrae*, 2012, 42(7): 1123-1134.
- [36] 翁学传, 王从敏. 台湾暖流的研究[J]. *海洋科学*, 1985, 9(1): 7-10.
- WENG X C, WANG C M. A study on Taiwan warm current water [J]. *Marine Sciences*, 1985, 9(1): 7-10.

Comparison of zooplankton characteristics in different communities of Dongshan Bay

SUN Lufeng, LI Xiuqi

(Shandong Freshwater Fisheries Research Institute, Jinan 250013, Shandong, China)

Abstract: Data in November 2012, February 2013, May 2013 and August 2013 of Dongshan Bay zooplankton were analyzed by primer statistical software. Results indicate that zooplankton were clearly divided into the outer bay community, Zhangjiang community, estuarine community and inner bay communities. Different zooplankton communities varied in abundance composition, seasonal variations of species and seasonal variations diversity. Zhangjiang communities were most affected by the diluted water, species are mainly *Oikopleura dioica*, *Oikopleura rufescens*, *Paracalanus parvus* and *Tortanus dextrilobatus*; Estuarine communities in the brackish region, *Acartia pacifica* is the main species with little seasonal change in number and diversity; The inner bay community was dominated by *Acartia pacifica*, *Paracalanus aculeatus* and *Calanus sinicus*; *Sagitta enflata*, *Subeucalanus subcrassus* and *Paracalanus aculeatus* constitute the most important species abundance in bay communities. Throughout the four seasons' changes of dominant zooplankton species in different communities, the difference of dominant species in four communities in November 2012 and February 2013 is not obvious. In May 2013 and August 2013, in four communities, the dominant species were significantly different.

Key words: Dongshan Bay; zooplankton; biocoenosis; seasonal variations