

洋山海域大型底栖动物年际生态变化的初步研究

卜秋兰^{1,2} 沈新强^{2*} 罗民波²

(¹ 上海海洋大学海洋学院, 201306)

(² 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 依据2003~2005年洋山海域大型底栖动物的监测结果,运用 Y 、 C 、 d 、 H' 和 J 等参数,结合聚类分析探讨了该海域大型底栖动物的种类数、生物量、栖息密度和多样性指数的年间变化情况。结果表明,2003~2005年底栖动物出现种类数依次为2003年(21种)>2004年(17种)>2005年(16种),种类数趋于减少;生物量呈现2003年(4.26 g/m^2)>2005年(2.18 g/m^2)>2004年(0.62 g/m^2),栖息密度2003年(31.10 ind/m^2)>2004年(12.50 ind/m^2)>2005年(11.00 ind/m^2),Shannon-Wiener多样性指数(H')、均匀度指数(J)、丰富度指数(d)逐渐降低,单纯度指数(C)相应上升。通过对各次监测结果的聚类分析,将聚类结果分为两类:2003年2、5和8月为一类,2004~2005年6次监测为一类,2003年与2004~2005年的大型底栖动物生态变化明显,洋山深水港工程建设对洋山海域大型底栖动物造成了影响。

关键词 大型底栖动物 生态变化 聚类分析 洋山海域

中图分类号 S917;S932 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)04-0072-06

Preliminary study on inter-annual variations of macrobenthos in Yangshan sea area

BU Qiu-lan^{1,2} SHEN Xin-qiang^{2*} LUO Min-bo²

(¹ College of Marine Science and Technology, Shanghai Ocean University, 201306)

(² East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090)

ABSTRACT According to the results of macrobenthos survey, the inter-annual variation of macrobenthic species composition, biomass, density, community diversity and structure are discussed with parameters including Y , C , d , H' , J , by using the method of cluster analysis. The result showed that, in 2003, 2004 and 2005, the numbers of benthic species were 21, 17 and 16, the biomass were 4.26 g/m^2 , 0.62 g/m^2 and 2.18 g/m^2 , and the average inhabit densities were 31.10 ind/m^2 , 12.50 ind/m^2 and 11.00 ind/m^2 , respectively. The result indicated that benthic species numbers, biomass, inhabit densities, and diversity indexes were all reducing year by year, while the purity index increased accordingly. Cluster analysis revealed that the results of three surveys in February, May and August, 2003 were in one cluster, while the results of 6 surveys in

科技部社会公益研究专项资金项目(2005DIB3J021)和上海市908项目(PJ1-1)共同资助

* 通讯作者。E-mail: esrms@public2.sta.net.cn

收稿日期: 2008-06-03; 接受日期: 2008-08-20

作者简介: 卜秋兰(1982-), 女, 硕士研究生, 主要从事渔业水域环境评价与保护。E-mail: shirley9587@163.com, Tel: 13512137213

2004~2005 were in one cluster. This may indicate that the ecological changes between 2003 and 2004~2005 were obvious, and the ecological changes of macrobenthos were affected by the construction of Yangshan deepwater port.

KEY WORDS Macrobenthos Ecological changes Cluster analysis Sea of Yangshan

洋山海域位于杭州湾口, 长江口外的浙江省嵊泗崎岖列岛, 由大、小洋山等数十个岛屿组成, 距上海市芦潮港 27.5 km, 距离国际航线 68 km, 水深 15 m。为把上海建设成为国际航运中心, 2002 年起在洋山海域开展了洋山深水港工程的施工。洋山深水港一期工程从 2002 年 6 月开始, 2005 年 12 月结束, 工程主要包括东海大桥、港区、航道及辅助配套工程等。由于工程建设的施工范围集中在洋山海域, 势必会对该海域的生态造成影响。

大型底栖动物在海洋生态系统中属于消费者亚系统, 是海洋食物链的重要组成部分(商弘等 2006), 是该生态系统中物质循环、能量流动中积极的消费和转移者, 不仅是渔业资源中非常重要的组成部分, 而且在生态系统的能流和物流中也发挥着巨大的作用。关于工程建设对大型底栖动物的影响, 文献大都针对疏浚工程对底栖动物的影响。如陈德昌等(1991)调查研究了连云港疏浚工程疏浚弃土抛弃形成淤积, 进而对生长于淤泥质浅滩的底栖动物的生存威胁。戴雅奇等(2003)对苏州河底泥疏浚前后大型底栖动物群落结构进行了对比研究。结果显示, 疏浚后生物量和密度均低于疏浚前, 但在疏浚后的 1 年内, 密度呈持续上升趋势, 苏州河上游底泥疏浚有利于大型底栖动物群落结构的恢复。王超等(2001)在研究航道疏浚对珠江口附近海洋生态环境的影响中, 也提到了航道疏浚产生的大颗粒悬浮物对底栖生物尤其是定居性的贝类等的覆盖, 破坏了底栖生物栖息环境, 导致减产或死亡, 产生直接危害作用。这些研究都分析疏浚之后底栖动物的恢复情况, 但就疏浚过程中, 底栖动物群落结构及其多样性变化的定量化研究并不多见。另外对于其他如桥梁打桩、港池开挖对大型底栖动物的影响也未见报道。

因此在洋山深水港一期工程期间, 中国水产科学研究院东海水产研究所连续 3 年(2003~2005 年)对工程海域大型底栖动物进行了监测。笔者根据 3 年的监测结果, 分析与讨论该海域施工期大型底栖动物的种类数、生物量、栖息密度和多样性指数的变动, 以期评价工程建设对海洋环境的影响提供背景资料和科学依据。

1 材料与方 法

2003~2005 年每年分别在 2、5 和 8 月对洋山深水港一期工程海域进行底栖动物的调查, 在该海域内设 20 个底栖动物测站(图 1)。依据《海洋监测规范》, 用大洋 50 型采泥器(0.05 m²)采集底栖动物, 每个站点采集 4 次, 通过 1 mm 孔目的筛网冲洗。底栖动物样品在船上用 75% 酒精固定保存后带回实验室称重、分析, 软体动物带壳称重, 并换算成单位面积生物量(g/m²)和栖息密度(ind/m²)。

采用优势度(Y)、群落单纯度(C)、群落丰富度(d)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')和群落均匀度(J)作为研究底栖动物的参数(蔡立哲等 2002), 计算公式如下:

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i; C = \sum_{i=1}^S \frac{n_i^2}{N^2}; d = (S-1)/\log_2 N;$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}; J = \frac{H'}{H'_{\text{Max}}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

式中, S 为种类数, n_i 为第 i 种的丰度, N 为总丰度, f_i 是第 i 种在各站位中出现的频率。

用 Excel 计算各参数, 并以大型底栖动物的种类数、生物量、栖息密度和多样性指数作为参数, 用 SPSS 进行聚类分析。

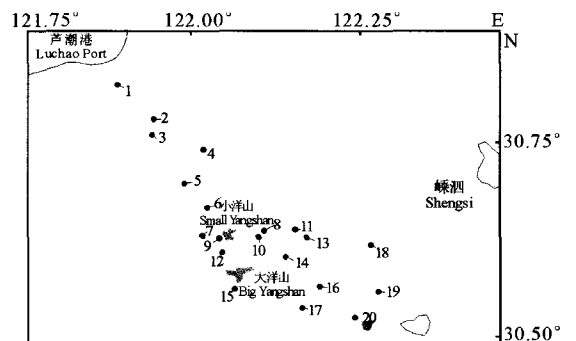


图 1 调查站位

Fig. 1 Distribution of survey stations

2 结果与分析

2.1 种类组成变化

2003~2005年洋山海域共出现大型底栖动物31种,环节动物最多,为17种,其次为软体动物9种,棘皮动物两种,纽形动物、节肢动物和鱼类各1种(表1)。

表1 监测海域大型底栖动物名录
Table 1 List of macrobenthos in the Yangshan sea area

种类 Species	2003年 Year 2003			2004年 Year 2004			2005年 Year 2005		
	2月 Feb.	5月 May	8月 Aug.	2月 Feb.	5月 May	8月 Aug.	2月 Feb.	5月 May	8月 Aug.
环节动物 Annelida									
加州齿吻沙蚕 <i>Aglaophamus cali forniensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
长吻吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>				+				+	
日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>	+	+		+					
尖叶长手沙蚕 <i>Magelona cineta</i>						+			
智利巢沙蚕 <i>Diopatra chiliensis</i>									+
不倒翁虫 <i>Sternaspis scutata</i>	+	+	+	+	+			+	+
树蛭虫 <i>Pista cristata</i>						+		+	
树蛭虫属 <i>Pista</i> sp.					+				
扁蛭虫 <i>Loimia medusa</i>								+	+
太平洋拟节虫 <i>Praxillella pacifica</i>	+	+			+	+		+	
西产似蛭虫 <i>Artacama occidentalis</i>		+							
太平洋树蛭虫 <i>Pista pacifica</i>			+						
小头虫 <i>Capitella capitata</i>	+		+	+	+		+		
须鳃虫 <i>Cirri formia tentaculata</i>	+								
角海蛭 <i>Ophelia acuminata</i>									+
扇栉虫 <i>Amphicteis gunneri</i>	+								
磷虫 <i>Chaetopterus varieopedatus</i>	+								
软体动物 Mollusca									
纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>		+	+				+	+	+
红带织纹螺 <i>Nassarius succinctus</i>	+			+					
疣荔枝螺 <i>Thais Clauigera</i>	+								
双肌蛤科 <i>Dimyidae</i> sp.			+						
青蛤 <i>Cyclina sinensis</i>					+				+
缢蛭 <i>Sinonovacula constricta</i>	+	+	+	+	+	+		+	
圆筒原盒螺 <i>Eocylichna cylindrella</i>		+	+		+				
四角蛤蜊 <i>Mactra vener formis</i>			+			+			
焦河篮蛤 <i>Potamocorbucata ustulata</i>	+	+							
棘皮动物 Echinodermata									
阳遂足科 <i>Amphiuridae</i> sp.						+			
滩栖阳遂足 <i>Amphiura vadicola</i>			+		+			+	
纽形动物 Nemertea									
纽虫 <i>Nemertini</i> sp.	+		+	+	+	+	+	+	+
节肢动物 Arthropoda									
狭颚绒螯蟹 <i>Pseudograpsus albus</i>							+		
鱼类 Fishes									
孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>			+					+	

注:“+”表示该生境下存在此种类

2003~2005 年洋山海域环节动物、软体动物种类数 2004 年较 2003 年有一定增加,底栖动物出现种类数依次为 2003 年(21 种)>2004 年(17 种)>2005 年(16 种)(图 2),种类数趋于减少。

将优势度指数 $Y \geq 0.02$ 的大型底栖动物定为优势种,2003~2005 年洋山海域大型底栖动物优势种共出现 14 种,它们是环节动物中的不倒翁虫 *Sternaspis scutata*、小头虫 *Capitella capitata*、日本刺沙蚕 *Neanthes japonica*、加州齿吻沙蚕 *Aglaophamus californiensis*、太平洋拟节虫 *Praxillella pacifica*、太平洋树蜚虫 *Pista pacifica* 和扇节虫 *Amphiteis gunneri*;软体动物中的纵肋织纹螺 *Nassarius variciferus*、红带织纹螺 *Nassarius succinctus*、四角蛤蜊 *Macraa veneriformis* 和缢蛏 *Sinonovacula constricta*;纽形动物中的纽虫 *Lineus alborostratus*;节肢动物中的狭颚绒螯蟹 *Eriochier leptognathus* 和棘皮动物中的滩栖阳遂足 *Amphiura vadicol*。

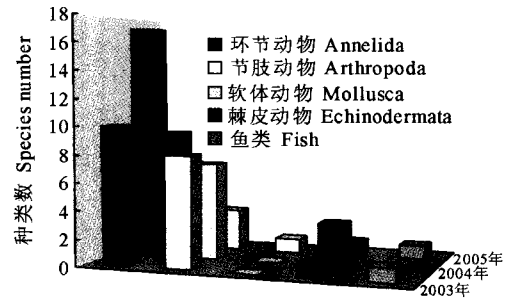


图 2 2003~2005 年大型底栖动物种类组成变化
Fig. 2 Change of macrozoobenthos species in 2003~2005

2.2 数量组成变化

调查期间大型底栖动物生物量平均为 2.35g/m^2 , 依次为 2003 年(4.26g/m^2)>2005 年(2.18g/m^2)>2004 年(0.62g/m^2), 年间变化明显(图 3)。2003 年 2、8 月的生物量较 2004 和 2005 年高, 5 月的生物量略低于 2005 年; 2004 年 3 季的生物量在 2003~2005 年的调查中最低, 2005 年的生物量较 2004 年有一定回升, 但总体上仍低于 2003 年的数值。

从图 3 也可看出, 2003~2005 年 3 个年度栖息密度平均为 18.20ind/m^2 , 呈现 2003 年(31.10ind/m^2)>2004 年(12.50ind/m^2)>2005 年(11.00ind/m^2), 年间变化明显。从 2003 年 5 月开始至 2004 年 8 月, 栖息密度直线下降, 2005 年渐有回升, 但总体上也低于 2003 年的数值。

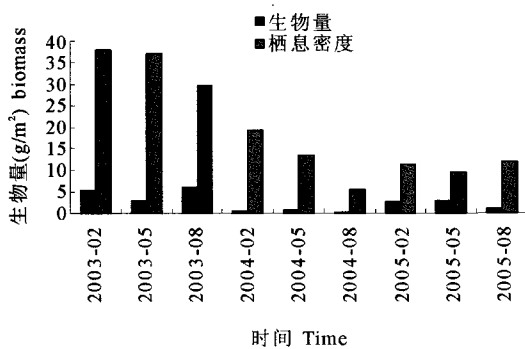


图 3 生物量和栖息密度变化

Fig. 3 Biomass and density changes of macrobenthos

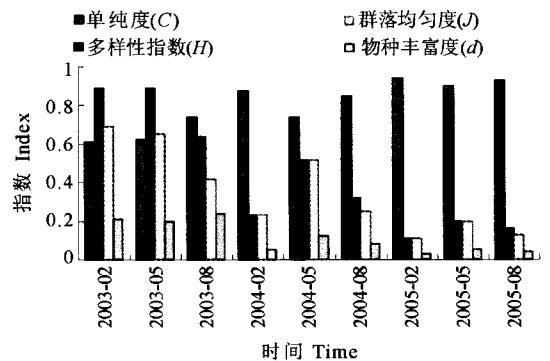


图 4 底栖动物多样性指数变化

Fig. 4 Change of diversity of macrobenthos

2.3 物种多样性变化

图 4 所示的 4 个指标从不同的角度反映了施工海域底泥中底栖动物群落在 3 个年度 3 个季度的结构变化特征。可以看出, 施工海域 Shannon-Wiener 多样性指数(H)呈现从 2003 年到 2005 年逐渐降低的趋势, 均匀度指数(J)、丰富度指数(d)的空间变化趋势与 Shannon-Wiener 多样性指数(H)相似, 但它们的变幅较小。单纯度指数(C)相应上升。

2.4 聚类分析

以大型底栖动物的种类数、生物量、栖息密度、多样性指数、单纯度、群落均匀度和物种丰富度指数作为参数,对洋山海域大型底栖动物的年间变化进行聚类。将 9 次监测的时间(即 2003 年 2 月~2005 年 8 月)按时间顺序排列为数字 1~9,聚类结果见图 5。

图 5 为采用欧几里德距离平方和相似性测度基础上,采用组间平均聚类分类方法画出的树状聚类图,根据聚类结果,可以分为两类。第 1 类(4,9,6,8,7,5),即,4 为 2004 年 2 月,9 为 2005 年 8 月,6 为 2004 年 8 月,8 为 2005 年 5 月,7 为 2005 年 2 月,5 为 2004 年 5 月为一类;第 2 类(1,2,3),即,1 为 2003 年 2 月,2 为 2003 年 5 月,3 为 2003 年 8 月为一类。

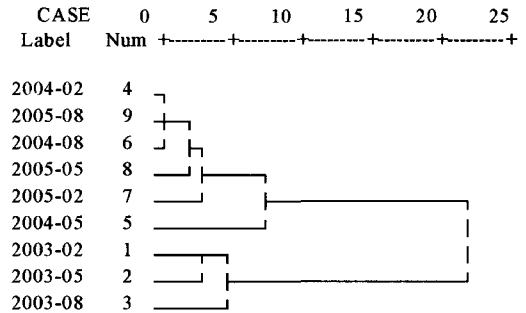


图 5 聚类分析

Fig. 5 Dendrogram of cluster analysis

3 讨论

2001 年 2 月用采泥器对洋山海域大型底栖动物进行了调查^①(交通部水运科学研究所 2001),结果共获得底

栖动物 4 门 9 种,其中环节动物 4 种,软体动物两种,棘皮动物两种,甲壳类 1 种,优势种为长吻吻沙蚕 *Glycera chirori*、焦河篮蛤 *Potamocorbucata ustulata* 和近辐蛇尾 *Ophiactis affinis*。这与本次调查结果不一致。这种差异除了采样时间、站点有误差以外,可能与洋山深水港一期工程的建设也有关系。洋山深水港一期工程建设期间,优势种中环节动物的多毛类居多,如小头虫 *Capitella capitata*、日本刺沙蚕 *Neanthes japonica*、加州齿吻沙蚕 *Aglaophamus californiensis*、太平洋拟节虫 *Praxillella pacifica*、太平洋树蜚虫 *Pista pacifica* 和扇节虫 *Amphicteis gunneri* 等,这就导致了 2004 年环节动物的种类数比 2003 年要多(图 2)。多毛类对环境变化的适应能力较强(徐兆礼等 1999),特别是小头虫,不仅对污染耐性强,而且对生境扰动的反应迅速,是环境质量的指标之一(何明海 1989),小头虫、日本刺沙蚕、加州齿吻沙蚕、太平洋拟节虫、太平洋树蜚虫和扇节虫这些多毛类的增多,表明底栖动物的生活环境有了变化,生境受到了扰动。

叶属峰等(2004)的研究表明,沉积环境的相对稳定性是决定和显著影响底栖动物种类组成和生物量的一个关键因素。洋山深水港一期工程 2003 年起渐入高峰,桥梁打桩、港池开挖、导堤构筑和航道疏浚等,对大型底栖动物的栖息环境破坏越来越重,因此 2003~2004 年的生物量和栖息密度 2003~2004 年逐年下降;2005 年则是洋山深水港一期工程的收尾期,对底质沉积环境有影响的工程都已陆续结束,因此大型底栖动物的生物量和栖息密度略有回升。然而桥梁打桩和港池开挖等工程彻底破坏了所在区域的底质沉积环境,而且大型底栖动物的恢复也需要一个较为长期的过程,因此 2005 年底栖动物生物量和栖息密度并没有大幅恢复。

对底栖动物来说,底质环境是很重要的影响因子(章飞军等 2004)。据 Connell 等(1978)、Washington (1984)、Huston(1979)和 Bogan(1993)报道,群落多样性与扰动强度关系密切,当底质环境扰动较大时,群落多样性较低。图 4 中,2004 年和 2005 年多样性指数较 2003 年有所下降,说明施工海域受到的扰动较大。洋山深水港一期工程的实施,导致原来的底栖动物群落格局改变(任淑智 1991;蒋 玫等 2005),生境遭到破坏,记录的种类较少,物种多样性指数自然也较低。此外,小头虫等多毛类成为优势种,说明洋山海域的大型底栖生物群落已经受到一定程度的扰动,结构趋向简单,种类趋向单一。说明工程建设活动对大型底栖动物造成了一定的影响。

等级聚类根据样本的多个指标、多个观察数据,定量的确定样品、指标之间存在的相似性或亲疏关系,据此联结这些样品或指标归成大小类群,构成分类树状图,这种方法在群落生态研究中常被采用(厉红梅等 2001;马藏允等 1997)。根据图 5 的结果,2003 年 3 次监测结果为为一类,2004 年~2005 年 6 次监测结果为为一类,这

① 数据取自 2001 年交通部水运科学研究所. 见:《上海国际航运中心洋山深水港一期工程项目环境影响报告书》

个分组说明聚类组内各时间段的生态指数有一定的相似性,而聚类组间的生态指数差别就相对较大。因此2003年各月底栖动物的生态指数有一定相似性,2004~2005年各月底栖动物的生态指数有一定相似性,2003年各月与2004~2005年各月的大型底栖动物生态指数差别相对较大。虽然2004年至2005年的年际变化没有在树状聚类图中表现得很明显,但是仍然可以看出2004年的2、8月相似性比较大,2005年2、5月的相似性比较大,年际变化仍然存在。说明洋山海域大型底栖动物年际生态发生了变化,洋山深水港工程建设确实对洋山海域大型底栖动物造成了影响。

参 考 文 献

- 卜秋兰,沈新强,罗民波. 2007. 洋山深水港海域大型底栖动物初步研究. 海洋渔业, 3: 245~250
- 马藏允,刘 海,王惠卿,王世权. 1997. 底栖生物群落结构变化多元变量统计分析. 中国环境科学, 17(4): 297~300
- 王 超,张 伶. 2001. 航道疏浚对珠江口附近海洋生态环境影响及预防措施. 海洋环境科学, 20(4): 58~66
- 厉红梅,蔡立哲,林丽珠,姚建彬. 2001. 深圳湾潮间带底栖动物群落结构的等级聚类与非度量多维标度排序. 厦门大学学报(自然科学版), 40(3): 735~740
- 叶属峰,纪焕红,曹 恋,黄秀清. 2004. 河口大型工程对长江河口底栖动物种类组成及生物量的影响研究. 海洋通报, 23(4): 32~37
- 任淑智. 1991. 京津及盈邻近地区底栖动物群落特征与水质等级. 生态学报, 11(3): 262~267
- 何明海. 1989. 利用底栖生物监测与评价海洋环境质量. 海洋环境科学, 8(4): 59~64
- 陈德昌,唐寅德,张 勇,马宏广. 1991. 连云港疏浚工程对底栖动物影响的调查研究. 黄渤海海洋, 9(3): 33~42
- 徐兆礼,蒋 玫,白雪梅,朱江兴,袁 骥. 1999. 长江口底栖动物生态研究. 中国水产科学, 6(5): 59~62
- 章飞军,张岩松,张晓凌,郭学武,梁振林,陈 虎. 2004. 黄海夏季底边界层动物的种类与丰度. 海洋水产研究, 25(3): 1~9
- 商 弘,章飞军,郭学武. 2006. 海洋底边界层动物. 海洋水产研究, 27(4): 53~59
- 蒋 玫,沈新强,杨 红. 2005. 水下爆破对渔业生物影响的研究. 海洋渔业, 27(2): 150~153
- 蔡立哲,马 丽,高 阳,郑天凌,林 鹏. 2002. 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析. 厦门大学学报(自然科学版), 41(5): 641~646
- 戴雅奇,熊响青,由文辉. 2003. 疏浚对苏州河底栖动物群落结构的影响. 华东师范大学学报(自然科学版), 9(3): 83~87
- Bogan, A. E. 1993. Freshwater bivalve extinctions; a search for cause. American Zoologist, 33: 599~609
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, 199: 1302~1310
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. The American Naturalist, 113: 81~101
- Washington, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices; A review with special relevance to aquatic ecosystems. Water Research, 18(6): 653~694