

# 胶州湾大型底栖动物的丰度、生物量和生产量研究

田胜艳<sup>1</sup>, 张文亮<sup>1</sup>, 于子山<sup>2</sup>, 张志南<sup>2</sup>

(1. 天津科技大学 天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津 300457; 2. 中国海洋大学 生命科学与技术学部, 山东 青岛 266003)

**摘要:** 为了研究胶州湾大型底栖动物的丰度、生物量和生产量, 于2002年3月、6月、8月和12月, 在胶州湾北部软底区、大沽河口、黄岛养殖区及养殖区邻域选取4个站位进行采样, 对大型底栖动物进行了定量研究。共采到大型底栖动物138种, 总平均丰度、平均生物量(湿质量)和年生产量(有机碳)分别为1719个/m<sup>2</sup>, 27g/m<sup>2</sup>, 2.2g/(m<sup>2</sup>·a), 初步估算, 胶州湾大型底栖动物的总次级生产量为2.8万t/a。与渤海和南黄海大型底栖动物的丰度和生物量比较, 丰度和生物量均低于这两个海域, 但是胶州湾大型底栖动物的总次级生产量高于渤海。本研究对于了解胶州湾大型底栖动物现状及湾内养殖对大型底栖动物的影响具有重要的意义。

**关键词:** 大型底栖动物; 丰度; 生物量; 生产量; 胶州湾

中图分类号: S963.21

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)06-0081-07

底栖生物作为生态系统的重要成员, 通过长期、连续的观测可以查明生物资源的结构格局和生态过程, 可以发现生态系统对外界胁迫因子(包括自然的、人为的干扰)的响应与反馈机制, 可以为全球变化和全球海洋观测提供数据<sup>[1, 2]</sup>。国内外的生态学家对不同海域、不同生境中的大型底栖生物的生物学特点、生态功能以及群落结构的演变等做过大量研究<sup>[3-5]</sup>。

胶州湾因其周围海域环境和地理位置优越, 底栖生物组成复杂, 种类丰富, 其底栖生物研究对湾内外的渔业资源补充和海洋生态学研究有重要意义。作为一个具有代表性的海湾, 有关该湾大型底栖动物(> 0.5 mm)的研究已有许多报道<sup>[6-12]</sup>。近20年来, 随着沿岸经济的迅速发展, 以及湾内水产养殖的不断扩大, 胶州湾的生态环境在工业污水、生活污水和养殖排污的影响下日益恶化, 底栖生物作为一类活动能力相对较弱的海洋生物类群, 最直接地受到人类活动的影响, 湾内外的生物种类及群落组成都发生了变化<sup>[12]</sup>。研究胶州湾大型底栖动物丰度和生物量的变化, 对揭示胶州湾海域环境的变化是非常有意义的。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域

分别在2002年3月、6月、8月和12月进行了

4个航次的采样, 研究站位(图1, 表1)分别是位于胶州湾北部软底区的B2站(在1995年的研究中, 监测到该地区的大型底栖动物群落处于中等程度扰动状态<sup>[13]</sup>); 大沽河口的D站(受陆源污染物的影响最大); 位于贻贝养殖区的外部部和内部F和H站。4个站位都位于水深浅(最深8.5 m)、海底平坦的区域, 其

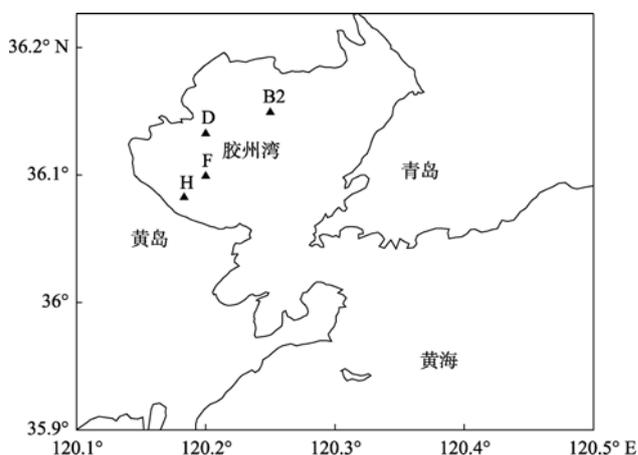


图1 胶州湾站位

Fig. 1 Sampling stations in the Jiaozhou Bay

收稿日期: 2008-11-07; 修回日期: 2009-12-24

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2007CB407306); 国家自然科学基金项目(40176033)

作者简介: 田胜艳(1974-), 女, 山东寿光人, 高级工程师, 硕士研究生, 从事生态学研究, 电话: 022-60601044, E-mail: tiansy@tust.edu.cn

表 1 调查站位的沉积物环境参数

Tab. 1 Sedimental and environmental parameters of the sampling stations

站位	水深 (m)	沉积物质量分数(%)			中值粒径	有机质质量 分数(%)	含水量(%)	叶绿素 a 质 量比(mg/kg)	脱镁叶绿素 a 质量比(mg/kg)
		砂	粉砂	黏土					
B2	8	31	46	23	4.8	2.4	65	3.2	5.9
D	6.2	26	44	30	5.5	2.6	64	1.4	3.1
F	8.5	18	46	36	5.8	3.8	80	1.6	4.6
H	7.3	17	47	36	6.2	2.1	83	2.0	6.3

底质类型属湾内分布最广的黏土质粉砂和砂-粉砂-黏土类型。

### 1.2 取样方法

在调查站位用 0.05 m<sup>2</sup> 改进型 Gray-O'Hara 箱式采泥器采集未受扰动的沉积物样品, 每站取 5 个平行样, 用于大型底栖动物的分析。3 月份航次为 5 次分样合并为 1 个样品, 冲洗过筛(筛孔径为 0.5 mm); 其余 3 航次均取 5 个平行样, 分别冲洗过筛。同时采集未受扰动的沉积物样品, 刮取表层沉积物样品于 -20℃ 冷冻保存, 用于环境因子的测定。

对环境因子和大型底栖动物样品的具体处理及测定方法按照《海洋调查规范》<sup>[14]</sup> 进行。环境因

子包括水深、沉积物粒径组成及有机质质量分数、含水量、叶绿素质量比, 大型底栖动物的生物量为去壳湿质量。

### 1.3 大型底栖动物次级生产量的计算

本研究采用 Brey 的经验公式<sup>[15]</sup> 来计算大型底栖动物的次级生产量。公式如下:

$$\lg P = a + b_1 \lg B + b_2 \lg W$$

其中:  $P$  为以有机碳表示的年生产量( $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ );  $B$  为年平均生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ );  $W$  为年平均个体质量( $\text{g}$ )。

以上年平均生物量和平均个体质量均为去灰干质量(AFDW)。

不同类群的  $a$ ,  $b_1$  和  $b_2$  值见表 2。

表 2 Brey 公式中不同类群的 3 个系数值

Tab. 2 Three coefficients for different phyla in Brey's formula

类 群	$a$	$b_1$	$b_2$
软体动物 (Mollusca)	-0.591	1.030	-0.283
多毛类(Polychaete)	-0.018	1.022	-0.116
甲壳类(Crustacea)	-0.614	1.022	-0.360
棘皮动物(Echinoderm)	-0.473	1.007	-0.274
其他类群(Others)	-0.473	1.007	-0.274

各类群中, 多毛类、甲壳类、软体动物和棘皮动物的有机碳质量分数分别按湿质量的 5.1%, 3.7%, 4.1% 和 3.16% 计算, 其他类群则按 3.4% 计算<sup>[16-18]</sup>, 去灰干质量根据有机碳质量分数计算, 以 1 g 有机碳质量分数 = 2 g AFDW 来计算<sup>[19]</sup>。得到去灰干质量表示的生产量后, 将生产量转换成以有机碳质量分数表示的形式。

### 1.4 数据分析

航次间丰度、生物量的差异显著性分析用 SPSS10.0 中的 One-Way ANOVA, 各航次丰度、生物量和生产量与环境因子的相关分析用 SPSS 10.0 中的 Correlate(Pearson)。对 3 月、6 月和 12 月 3 个航次的丰度和生物量与其对应的环境因子进行相关分

析(Pearson), 年平均生产量与 3 个航次所得环境因子的平均值进行相关分析(Pearson)。

## 2 结果

### 2.1 大型底栖动物的丰度和生物量

4 个航次共采到大型底栖动物 138 种, 其中多毛类 37 种, 软体动物 47 种, 甲壳类 49 种, 棘皮动物 2 种, 其他类群 3 种。各航次、站位丰度和生物量的结果如表 3 所示。

本调查总平均丰度(表 3)为 1 550 个/m<sup>2</sup>, 按 4 个站位的丰度平均值比较, 位于养殖区邻域 F 站的平均丰度最高, 为 1 978 个/m<sup>2</sup>, 其次是北部软底区的 B2 站, 为 1 817 个/m<sup>2</sup>, 位于养殖区内的 H 站的丰度

表 3 各航次胶州湾大型底栖动物的丰度和生物量

Tab. 3 Abundance and biomass of macrobenthic found in each cruise in the Jiaozhou Bay

航次	丰度(个/m <sup>2</sup> )					生物量(g/m <sup>2</sup> )				
	B2	D	F	H	平均	B2	D	F	H	平均
3月	1904	840	1384	2032	1540	16	29	56	52	38
6月	1100 ± 217	892 ± 527	2524 ± 1072	968 ± 353	1371	9.1 ± 7.1	3.0 ± 2.4	15 ± 12	17 ± 26	11
8月	2492 ± 1024	1008 ± 712	1452 ± 400	1484 ± 522	1609	56 ± 72.596	62 ± 25	17 ± 30	82 ± 85	54
12月	1772 ± 283	2164 ± 507	2556 ± 698	2216 ± 514	1678	9.4 ± 8.214	26 ± 32	17 ± 11	12 ± 7.9	16
平均	1817	1226	1978	1675	1550	22	30	26	40	30

注: 给出值为丰度、生物量平均值和标准差, 3月航次没有平行样故没有标准差

仅居第三位, 为 1 675 个/m<sup>2</sup>, 大沽河口 D 站的丰度最低, 为 1 226 个/m<sup>2</sup>, 而且, D 站除 12 月航次外, 在其他 3 航次中的丰度值均为最低。

航次间比较, 各航次 4 个站位丰度的平均值分别为: 3 月份航次 1 540 个/m<sup>2</sup>; 6 月份航次 1 371 个/m<sup>2</sup>; 8 月份航次 1 609 个/m<sup>2</sup>; 12 月份航次 2 177 个/m<sup>2</sup>。One-Way ANOVA 分析表明, 航次间丰度差异显著 ( $P < 0.05$ ), 可见胶州湾内大型底栖动物的丰度存在季节波动。如果 4 个航次代表不同的季节, 那么大型底栖动物的丰度随季节从高到低变化的排列顺序是: 12 月(冬季) > 8 月(夏季) > 3 月(春季) > 6 月(夏初), 胶州湾大型底栖动物的丰度值在冬季比较高。

本调查总平均生物量为 30 g/m<sup>2</sup>, 从各航次来看, 4 个站位生物量的平均值分别为: 3 月 38 g/m<sup>2</sup>; 6 月 11 g/m<sup>2</sup>; 8 月 54 g/m<sup>2</sup>; 12 月 16 g/m<sup>2</sup>。One-Way ANOVA 分析表明, 航次间生物量差异也达到显著水平 ( $P < 0.05$ )。然而生物量随季节的变化不同于丰度的季节变化, 高丰度的 12 月生物量却不高, 8 月份因为采集到高生物量的棘刺锚参(*Protankyra bidentata*), 使其生物量在 4 航次中最高。生物量随季节从高到低变化的排列顺序是: 8 月(夏季) > 3 月(春季) > 12 月(冬季) > 6 月(夏初)。

就每个站位而言, 生物量也表现出类似的季节变化规律。除 F 站外, B2、D、H 3 站都是 8 月份生物量最高, 其中以 H 站的生物量 82 g/m<sup>2</sup> 为本次调查生物量的最高值; 3 站位的次高生物量出现在 3 月份; 而 F 站 3 月份生物量最高。6 月和 12 月的生物量, 除 D 站位 6 月生物量极低之外, 其他 3 站位两月的值相近。

## 2.2 大型底栖动物的生产量

各站位主要大型底栖动物类群的生产量如表 4 所示。4 个站位总生产量从高到低的顺序是: H > D =

B2 > F, 养殖区内的生产量最高。综合 4 个站位的数据, 胶州湾大型底栖动物的年均生产量是 2.24 g/(m<sup>2</sup>·a)。目前, 国内关于生产量的报道不多, 与渤海生产量比较<sup>[13]</sup>, 这 4 个站位的生产量属于较高的水平。考虑到调查的 4 个站位均位于湾内高生产量地区, 若按胶州湾水域面积为 400 km<sup>2</sup>, 高生产量区占总面积 80% 计算, 仅这些地区大型底栖动物的年总次级生产量约为 2.78 万 t/a, 占整个渤海总次级生产量估算值的 1/5 多。

表 4 胶州湾大型底栖动物主要类群的生产量

Tab. 4 Production of the major macrobenthic species in the Jiaozhou Bay

生物类群	生产量(g/(m <sup>2</sup> ·a))			
	B2	D	F	H
多毛类	0.28	0.28	0.48	0.64
软体动物	0.23	0.27	0.06	0.19
甲壳类	0.21	0.20	0.07	0.12
棘皮动物	1.30	1.40	1.30	1.60
其他类群	0.10	0.03	0.06	0.01
总生产量	2.20	2.20	2.00	2.60

## 2.3 大型底栖动物的丰度、生物量和生产量与环境因子的关系

表 5 为丰度、生物量和生产量分别与环境因子进行相关性分析的结果。从相关性分析结果可以看出, 丰度与所测的各项环境变量都表现出显著或极显著的相关性; 生物量仅与部分环境变量表现出显著或极显著的相关性, 3 月份航次的生物量与有机质含量和叶绿素 a 的量极显著相关; 6 月份航次的生物量与粉砂、黏土质量分数和含水量极显著相关; 12 月份航次的生物量与有机质质量分数、含水量和叶绿素 a 的质量分数极显著相关; 生产量与所有粒度参数均表现出相关性, 仅与有机质质量分数这一项自然因子相关。

表 5 胶州湾大型底栖动物丰度、生物量和生产量与环境变量的相关分析

Tab. 5 Relative coefficients between the abundance, biomass, production of macrobenthic and environmental variables in the Jiaozhou Bay

环境变量	丰度(个/m <sup>2</sup> )			生物量(g/m <sup>2</sup> )			生产量(g/(m <sup>2</sup> ·a))
	3月	6月	12月	3月	6月	12月	
砂	0.916**	-0.818*	-0.984**	-0.580	0.727*	0.243	0.898**
粉砂	-0.913**	-0.814*	-0.983**	0.284	0.976**	0.940	0.975**
黏土	-0.914**	-0.817*	-0.984**	-0.207*	0.884**	0.800*	0.980*
中值粒径	-0.917**	-0.822*	-0.984**	-0.817*	-0.575	-0.750*	0.735*
有机质	-0.917**	-0.822*	-0.984*	-0.840**	-0.723	-0.843**	0.988**
含水量	-0.912**	-0.808*	-0.983**	-0.599	0.974**	-0.979**	-0.364
Chl-a	-0.918**	-0.822*	-0.984**	-0.850**	-0.777*	-0.860**	-0.692
Pha-a	-0.917**	0.822*	-0.984**	-0.816*	-0.608	-0.816*	0.491

\*P < 0.05, \*\*P < 0.01

### 3 讨论

#### 3.1 养殖区内外的比较

站位 H 和 F 分别位于胶州湾黄岛贻贝养殖区内外, 贻贝养殖造成了 2 个站位大型底栖动物丰度、生

物量及群落结构的差异, 表 6 给出了各航次 2 站位主要大型底栖动物类群的丰度、生物量和生产量。3 月份航次, 贻贝养殖区内站位 H 站多毛类的丰度比养殖区外站位 F 站多毛类的丰度高 1 倍, 而 H 站多毛类的生物量却比 F 站多毛类的生物量低 50%, 这说

表 6 F 和 H 站主要生物类群的丰度、生物量和生产量

Tab. 6 Abundance, biomass and production of major species of macrofauna at the F and H station

生物类群	时间	丰度(个/m <sup>2</sup> )		生物量(g/m <sup>2</sup> )		生产量(g/(m <sup>2</sup> ·a))	
		F	H	F	H	F	H
多毛类	3月	680	1244	26	14	0.48	0.64
软体动物		340	448	0.99	3.6	0.06	0.19
甲壳类		356	336	0.6	9.2	0.07	0.12
棘皮动物		8	4	26	13	1.4	1.6
其他类群		4	4	1.0	1.5	0.06	0.02
多毛类	6月	492	300	7.3	1.8	-	-
软体动物		352	368	0.32	0.66	-	-
甲壳类		1672	292	1.8	0.06	-	-
棘皮动物		4	8	4.7	13	-	-
其他类群		4	12	1.3	1.1	-	-
多毛类	8月	284	508	0.86	11	-	-
软体动物		726	596	1.6	9.5	-	-
甲壳类		448	336	0.2	1.34	-	-
棘皮动物		4	44	14	59	-	-
其他类群		20	44	1.4	2.3	-	-
多毛类	12月	1116	1148	2.0	7.1	-	-
软体动物		904	632	1.0	2.7	-	-
甲壳类		528	436	1.7	1.5	-	-
棘皮动物		8	0	8.1	0	-	-
其他类群		4	4	0.68	0.86	-	-

注: 生产量数据为根据 4 次不同季节的调查数据计算的年均生产量值, 没有月份所指

明 H 站的多毛类多为个体小、丰度高的类群,这是大型底栖动物在富营养化条件下产生的反应;H 站软体动物的丰度和生物量均高于 F 站的值,甲壳类在 2 个站位的丰度值相同,而在 H 站的生物量显著高于 F 站的生物量,因为 H 站采到大个体的甲壳类,F 站棘皮动物的丰度和生物量均高于 H 站的值;对这 2 个站位的环境参数进行比较,该航次 H 站有机质含量及表层叶绿素 a 的量高于 F 站的值,因此 H 站小个体的多毛类数量较高,显示在春季 H 站已经明显受到贻贝养殖的影响。6 月份航次,养殖区外站位 F 站大型底栖动物的丰度比养殖区内站位 H 站的丰度高 1 倍多,而 F 站的生物量略低于 H 站的生物量,表明 F 站小个体类群增多;各类群的比较可知,这种现象是由于 F 站采到高丰度的尖额涟虫(*Hemileucon bidentatus*),使甲壳类的丰度大大高于 H 站的值;同时,本航次 F 站多毛类的丰度和生物量也显著高于 H 站,但是多毛类的丰度占总丰度的比例低于 H 站的值,因此并没有小个体多毛类数量增加的现象;从环境因子分析,该航次 F 站的有机质含量比 3 月份航次的值增加,并大于本航次 H 站的值,说明该航次中 F 站受某种因素影响,沉积物中的有机质增加,但是仅致使了甲壳类数量的增加,多毛类的数量反而下降,H 站沉积物中的有机质较 3 月份下降,多毛类的丰度及占总丰度的比例都降低了,表明该航次 H 站没有表现出富营养化的状态。8 月和 12 月份航次,两个站位大型底栖动物的总丰度相同,H 站 8 月份的生物量高于 F 站,而 F 站 12 月份的生物量略高于 H 站;8 月份两站位多毛类丰度占总丰度的比例都很低,这可能由于大个体生物、肉食性动物生长带来的捕食压力所致;12 月份航次,2 个站位多毛类的丰度及其占总丰度的比例都很高,显示了小个体类群占优势,然而环境参数显示,12 月航次 2 个站位沉积物有机质含量却低于前 2 个航次(8 月份航次没有环境参数),所以,虽然该航次中大型底栖动物,尤其是多毛类的丰度很高,但是其生物量却很低。

综合 4 个航次大型底栖动物各类群丰度和生物量考虑,H 站在 3 月份航次示出受到贻贝养殖的影响,同时,H 站主要类群生物的年均生产量均高于 F 站。

### 3.2 与其他海域的比较

中国关于大型底栖动物生态学的报道有很多,在此仅就 1997~1999 年渤海大型底栖动物的研究<sup>[19]</sup>和 2002 年 6 月关于黄海鲎产卵场大型底栖动物

的研究(未发表)中,底质类型与本研究相似的站位进行比较。渤海研究中的 B1, D2, E2 和 E3 站底质类型为黏土质粉砂 YT,与胶州湾中的 F 和 H 站的底质类型相同,黄海鲎产卵场中的 8594, 10494 和 11594 站的底质类型为砂-粉砂-黏土 STY,与胶州湾中的 B2 和 D 站的底质类型相同。各站位的丰度、生物量和生产量见表 7。

3 个海域的环境参数比较,黄、渤海中站位的水深皆深于胶州湾中的站位,两海域中各站位沉积物叶绿素 a 的量低于胶州湾中站位的量,南黄海 3 个站位沉积物中有机质的含量高于胶州湾中 2 个比较站位的量,而渤海中比较站位沉积物的有机质含量低于胶州湾中 2 站位的值。

与渤海比较,3 月份胶州湾两站的丰度和生物量均高于渤海比较站位 4 月份的丰度和生物量;6 月胶州湾中两站的丰度和生物量与莱州湾中 B1 站值相近;8 月份胶州湾 H 站的生物量明显高于渤海中的各站,丰度与渤海中的 3 站位相差不大,高于莱州湾的 B1 站,F 站的丰度和生物量低于渤海中的 3 站,高于莱州湾的 B1 站。生产量比较,胶州湾两站的值要高于渤海中的站位。上面已经提到,F 和 H 站分别位于养殖区内外,受养殖影响丰度、生物量和生产量都较高。

整体比较,胶州湾中这 4 个站位的丰度和生物量要高于渤海中几个站位的值,但是进行比较的渤海站位无论丰度还是生物量在渤海中都不是最高的地区,而胶州湾中的这 4 个站位均处于湾内高生物量区,因此,不能断定胶州湾的生物量水平是否高于渤海的生物量水平,但是胶州湾中 4 个站位的年均生产量高于渤海各站的生产量。

与南黄海相比,胶州湾中与比较站位底质相同的 2 个站位的丰度和生物量都低于黄海中 3 个站位的值。

## 4 结论

(1)本次调查航次间丰度差异显著,胶州湾内大型底栖动物的丰度存在季节波动,丰度值在冬季比较高;另外,航次间生物量差异也达到显著水平,然而,生物量随季节的变化不同于丰度的季节变化。

(2)大型底栖动物丰度与所测的各项环境变量都表现出显著或极显著的相关性,而生物量仅与部分环境变量表现出显著或极显著的相关性。(3)养殖区内外 2 个站位的大型底栖动物丰度、生物量及群落结构都

表 7 不同海域大型底栖动物丰度、生物量和生产量的比较

Tab. 7 Comparison of abundance, biomass and production of macrofauna from different areas

调 查 区 域	调查时间 (年-月)	底 质 类 型	丰 度 (个/m <sup>2</sup> )	生 物 量 (g/m <sup>2</sup> )	生 产 量 (g/(m <sup>2</sup> · a))
莱州湾 B1	1997-06	YT	2447	15.97	0.62
莱州湾 B1	1998-09	YT	160	3.81	0.16
莱州湾 B1	1999-04	YT	2163	13.43	0.79
渤海 D2	1998-09	YT	877	42.62	1.28
渤海 D2	1999-04	YT	610	40.71	1.04
渤海 E2	1998-09	YT	1580	2.03	0.83
渤海 E2	1999-04	YT	2173	17.86	0.95
渤海 E3	1998-09	YT	1190	26.74	1.28
渤海 E3	1999-04	YT	1447	13.43	0.79
胶州湾 F	2002-03	YT	1384	55.58	1.26
胶州湾 F	2002-06	YT	2524 ± 1072	14.8 ± 12.2	1.26
胶州湾 F	2002-08	YT	1452 ± 400	17.0 ± 29.9	1.26
胶州湾 H	2002-03	YT	2032	52.22	2.06
胶州湾 H	2002-06	YT	968 ± 353	16.7 ± 26.1	2.06
胶州湾 H	2002-08	YT	1484 ± 522	81.9 ± 84.9	2.06
南黄海 8594	2002-06	STY	1300 ± 503	7.9 ± 4.09	-
南黄海 10494	2002-06	STY	1280 ± 397	89.2 ± 47.5	-
南黄海 11594	2002-06	STY	1673 ± 138	83.8 ± 33.3	-
胶州湾 B2	2002-06	STY	1100 ± 217	9.1 ± 7.09	2.01
胶州湾 D	2002-06	STY	892 ± 527	2.9 ± 2.4	1.32

注: -表示没有相应数据

表现出明显差异, 养殖区内站位主要类群生物的年均生产量均高于养殖区站位。(4)与渤海比较, 胶州湾调查站位的大型底栖动物的丰度和生物量均高于该海域中的对比站位, 并且胶州湾的生产量高于渤海; 与南黄海相比, 胶州湾中与对比站位底质相同的 2 个站位的丰度和生物量都低于黄海中 3 个站位的值。

参考文献:

[1] 张志南, 图立红, 于子山. 黄河口及其邻近海域大型底栖动物的初步研究(一) 生物量[J]. 青岛海洋大学学报, 1990, 20 (1): 37-45.

[2] 张志南, 图立红, 于子山. 黄河口及其邻近海域大型底栖动物的初步研究(二) 生物与沉积环境的关系[J]. 青岛海洋大学学报, 1990, 20 (2): 45-52.

[3] Henning R, Ingrid K. Seasonal variability of infaunal community structures in three areas of the North Sea under different environment conditions[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2005, 65(1): 253-274.

[4] Ellen L, Kent D, Kevin G. Effects of experimental otter trawling on benthic assemblages on Western Bank,

northwest Atlantic Ocean[J]. *Journal of Sea Research*, 2006, 56: 249-270.

[5] Serhat A, Husamerrin B, Argyro Z. Ecological quality status of coastal benthic ecosystems in the sea of Marmara[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2006, 52: 790-799.

[6] 刘瑞玉. 大型底栖生物生态学[A]. 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[C]. 北京: 科学出版社, 1992. 220-229.

[7] 刘瑞玉. 底栖生物群落[A]. 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[C]. 北京: 科学出版社, 1992. 229-237.

[8] 孙滨. 软底动物数量的季节变化[A]. 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[C]. 北京: 科学出版社, 1992. 238-256.

[9] 孙道元. 胶州湾底栖生物的数量动态研究[A]. 刘瑞玉. 胶州湾生态学研究[C]. 北京: 科学出版社, 1995. 159-165.

[10] 孙道元. 胶州湾多毛类名录及新记录的描述[A]. 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(31)[C]. 北京: 科学出版社, 1990. 133-146.

[11] 毕洪生, 孙道元. 胶州湾多毛类的生态特点[J]. 生态学报, 1998, 18(1): 63-68.

- [12] 毕洪生. 胶州湾环境对底栖生物多样性的影响[J]. 海洋科学, 1996,6: 58-62.
- [13] 于子山, 张志南, 王诗红. 胶州湾北部软底大型底栖动物丰度和生物量的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2000, 30(2): 39-41.
- [14] GB12763.6-91, 海洋调查规范, 海洋生物调查[S].
- [15] Brey T. Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight[J]. *Meeresforsch*, 1990, 32: 329-343.
- [16] Rowe G. Biomass and production in the deep-sea macrobenthos[A]. Rowe G. *The Sea* [C]. New York: Wiley Press, 1983. 97-122.
- [17] Moodley L, Heip C, Middelburg J. Benthic activity in sediments of the northwestern Adriatic Sea: Sediment oxygen consumption, macro-and meiofauna dynamics[J]. *Journal of Sea Research*, 1998, 40: 263-280.
- [18] Aller J, Stupakoff I. The distribution and seasonal characteristics of benthic communities on the Amazon shelf as indicators of physical process[J]. *Continental Shelf Research*, 1996, 16 (5): 717-751.
- [19] Lalli C, Parsons T. *Biological Oceanography: An Introduction*[M]. Amsterdam: Elsevier. 1997. 314.
- [20] 于子山, 张志南, 韩洁. 渤海底栖生物次级生产力的初步研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(6): 267-271.

## Abundance, biomass and secondary production of macrobenthos in the Jiaozhou Bay, China

TIAN Sheng-yan<sup>1</sup>, ZHANG Wen-liang<sup>1</sup>, YU Zi-shan<sup>2</sup>, ZHANG Zhi-nan<sup>2</sup>

(1. Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 2. College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

**Received:** Nov., 7, 2008

**Key words:** macrobenthos; abundance; biomass; secondary production; the Jiaozhou Bay

**Abstract:** The ecological study of macrobenthos was conducted at four typical sampling stations selected in the northern muddy bottom area of the Jiaozhou Bay, estuary of Dagu River, culturing and nearby areas in Huangdao in Mar., Jun., Aug. and Dec., 2002. Abundance and biomass of macrobenthos were investigated by quantitative study. Totally, 138 species were identified. The total mean abundance, biomass and secondary production were 1 719 inds./m<sup>2</sup>, 27 g/m<sup>2</sup> and 2.24 g/(m<sup>2</sup>·a), respectively. The estimated total annual secondary production of macrobenthos was 28 000 t in the Jiaozhou Bay. Compared with the studies on macrofauna in the Bohai Sea and southern Yellow Sea, the macrobenthic abundance and biomass in the Jiaozhou Bay were lower. But the macrobenthic secondary production in the Jiaozhou Bay was more than that of the Bohai Sea.

(本文编辑: 刘珊珊)