

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00877

大亚湾海域大型底栖生物种类组成及特征种

杜飞雁^{1,2}, 王雪辉^{1,3}, 贾晓平¹, 杨圣云², 马胜伟¹, 陈海刚^{1,3}, 李纯厚¹

1. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东 广州 510300;

2. 厦门大学 海洋与环境学院海洋科学博士后流动站, 福建 厦门 361005;

3. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306

摘要: 利用 2008 年 4 个航次在南海北部大亚湾海域开展的 124 个站次海洋生物调查资料, 对大型底栖动物种类组成、优势种和特征种进行研究, 结果表明: (1) 大亚湾大型底栖动物群落季节变化显著、种类更替明显。2008 年共采获大型底栖动物 104 科 279 种(类), 各季种类平均更替率高达 63%。(2) 优势种组成较为稳定, 单一种的优势地位显著。粗帝汶蛤(*Timoclea scabra*)为大亚湾大型底栖动物第一优势种, 周年均保持极高的优势地位。除粗帝汶蛤外还有毛头梨体星虫(*Apionsoma trichocephala*)、脑纽虫(*Cerebratulina* sp.)、独毛虫(*Tharyx* sp.)和中蚓虫(*Mediomastus* sp.)为大亚湾周年优势种, 优势种组成较为稳定。(3) 大亚湾大型底栖动物以多毛类为特征种类。多毛类在大亚湾海域大型底栖动物群落中具有重要作用, 其代表和反映了整个群落的特征。(4) 大型底栖动物种类组成情况反映了大亚湾海域环境状况。大亚湾大型底栖动物种类组成更替明显、特征种季节变化大, 反映出大亚湾海域环境季节变化明显, 尤其是春、夏和秋 3 季, 秋、冬季较为稳定。优势种组成的年际变化表明, 大亚湾海域生态环境发生了较大程度的变化。此外, 多毛类在底栖动物群落中地位的突显, 也反映出大亚湾海域营养水平的变化。对比历史资料分析, 结论认为, 大亚湾大型底栖生物种类数远低于历史水平, 群落简单化趋势仍较为明显。虽然因采样区域和样品分选工具的差异, 2008 年种类远多于 2004 年调查结果, 但仍低于 1987 年的 473 种。此外, 1987 年底栖动物的站均出现种数为 50.6 种/站, 最高可达 100 种/站。2008 年站均出现种数为 15.0 种/站, 最高种数为 38 种/站, 依然远低于历史水平。本研究旨在为系统开展大亚湾受损生态系统的恢复提供更为全面、丰富、准确的基础资料。

关键词: 大亚湾; 大型底栖动物; 种类组成; 特征种; 南海

中图分类号: S932

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)04-0877-16

位于南海北部大陆架的大亚湾, 是广东省重要的生物种质资源保护区。其独特的地理位置和优厚自然资源, 使其成为广东省经济快速发展的重要经济增长区之一, 也是生态环境保护与资源利用之间矛盾极为突出的区域。大量研究表明, 在过去的 20 年间, 大亚湾海域生态环境发生了一系列的变化^[1-2]。

底栖生物是海洋生物中重要类群之一, 其生活在底质环境中, 活动能力较弱, 对环境变化较

为敏感, 其群落变化可以作为环境变化的指示。

目前, 有关底栖生物作为灵敏反映生态环境变化的重要生物类群而进行的物种组成、多样性、群落结构以及生产力等方面的研究已有报道^[3-7]。研究结果均表明, 在大亚湾海域生态环境急剧变化的情况下, 大型底栖动物群落已发生了相应的改变。为了更清楚了解和掌握环境急剧变化下生物群落的响应, 我们以过去研究为基础, 在站位布设、采样区域和样品处理等方面均进行了充实和

收稿日期: 2010-10-25; 修订日期: 2011-01-20.

基金项目: 广东省科技计划项目(2009B 030600002); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金资助项目(2007ZD08 ; 2010YD10 ; 2009TS08).

作者简介: 杜飞雁(1974-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事海洋生态环境评价与保护研究. E-mail: feiyanegg @163.com

完善, 对大亚湾生物群落开展了较为全面、系统地调查。本研究选取大型底栖动物为主要研究对象, 以历史和现状资料对比分析为基础, 对其种类组成、优势种和特征种进行研究, 为系统开展受损生态系统恢复提供更为全面、丰富、准确的基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究航次和站位布设

于 2008 年 3 月、5 月、9 月和 12 月, 分春、夏、秋和冬 4 个季度月, 按棋盘式在大亚湾海域设置 31 个站位对大亚湾海域的大型底栖动物进行了定量采样, 4 个航次的调查站位分布见图 1。站位分布于大亚湾的全部海域, 采样反映了大亚湾大型底栖动物的状况。

1.2 样品采集、处理和分析

使用开口面积为 0.1 m^2 的抓斗式采泥器, 每站取样 2 次, 合并为 1 个样品。用 0.5 mm 和 1 mm 孔径的双层套网筛分选样品。样品的处理、保存、计数等均按《海洋调查规范》^[8]进行。

1.3 数据处理

1.3.1 种类更替率(R)^[9] 种类更替率 R 的计算公式为: $R = [(a+b-2c)/(a+b-c)] \times 100\%$

式中, a 与 b 分别为相邻 2 个季节的种数, c 为相邻 2 个季节共同的种数。

1.3.2 相对重要性指数^[10] 相对重要性指数 IRI 的计算式为: $IRI = (W + N) \times F$, 式中: W 为某一种的生物量占大型底栖动物总生物量的百分比; N 为该种的丰度占大型底栖动物总丰度的百分比; F 为该种的出现频率。

通过 SIMPER(species contributions to similarity)了解表征群落特征的物种(累积贡献率 $\geq 5\%$), 用 PRIMER(Clarke & Warwick, 1994)软件计算得出。

2 结果与分析

2.1 种类组成

经鉴定大亚湾海域共采获大型底栖生物 104 科 279 种(类), 各类群中以环节动物多毛类出现种类数最多, 达 39 科 151 种(类); 软体动物共出现 19 科 46 种列第 2 位; 节肢动物甲壳类出现 22

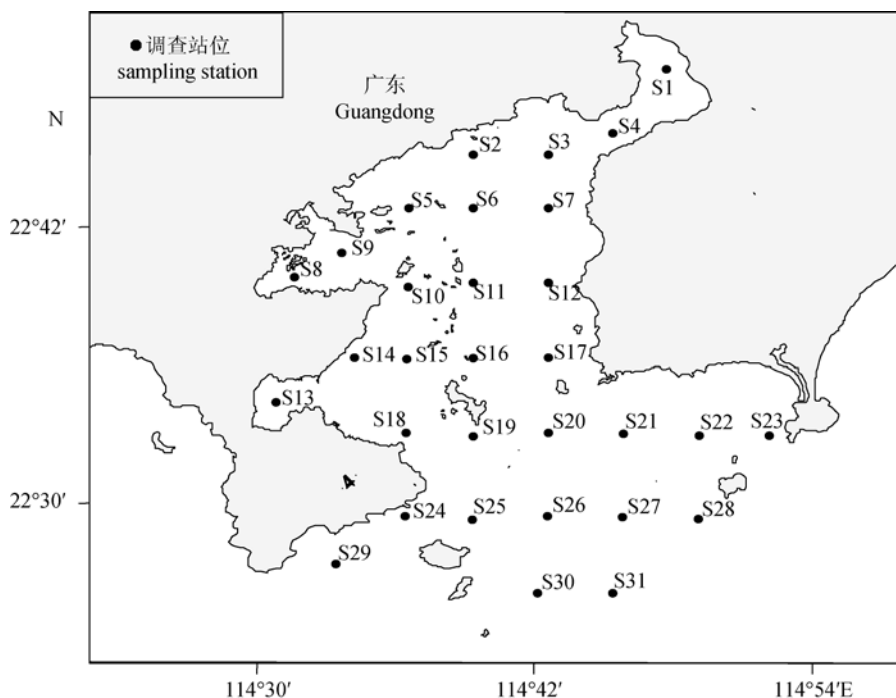


图 1 大亚湾调查站位设置示意图

Fig. 1 Sketch map of sampling stations in Daya Bay

科 42 种列第 3 位; 棘皮动物出现 7 科 17 种, 居第 4 位; 其他动物共出现 17 科 23 种(附录 1)。

各季中以春季出现种类最多, 为 176 种; 夏季 134 种、秋季 102 种, 冬季 114 种。春节出现多毛类 100 种、软体动物 26 种、节肢动物 29 种、棘皮动物 9 种、其他动物 12 种, 夏季出现多毛类 69 种、软体动物 23 种、节肢动物 22 种、棘皮动物 10 种、其他动物 10 种, 秋季出现多毛类 59 种、软体动物 10 种、节肢动物 19 种、棘皮动物 8 种、其他动物 6 种, 冬季多毛类出现 66 种、软体动物 25 种、节肢动物 1 种、棘皮动物 10 种、其他动物 12 种。四季均出现的共有种类仅有 32 种, 仅在一个季节出现的种类有 129 种, 占总种类数的 46%。各季之间出现种类更替频率, 春季和夏季的共有种有 92 种, 两季间种类更替率为 60%; 夏、秋两季的共有种为 61 种, 季节间种类更替率为 65%; 秋、季两季共同种为 56 种, 季节间的更替率也达到 65%。以上结果表明, 大亚湾海域底栖生物栖息环境季节变化显著, 种类更替非常明显。各类群中, 以节肢动物变化最为明显, 42 种节肢动物中无一种周年出现, 在大亚湾海域均为季节性出现, 冬季仅有 1 种出现。

与国内其他海域相比, 大亚湾大型底栖动物种类数处于中上水平。东海^[11]、胶州湾^[12]、渤海^[13]大型底栖动物种类数有 300 余种, 渤海近岸海域^[14]、南黄海^[15]和泉州湾^[16]出现种类有 200 余种, 与大亚湾基本相当, 海门湾^[17]、福清湾^[18]、长江口^[19]和象山港^[20]出现种类数相对较少(表 1)。

2.2 优势种

以 $IRI \geq 100$ 划分优势种的标准, 表 2 列出各季大亚湾的主要优势种。春季优势种组成最为简单, 有 8 种组成; 夏季组成最为复杂, 由 12 种组成; 秋、冬两季优势种均由 11 种组成。粗帝汶蛤是大亚湾第一优势种, 其优势地位极为明显, 尤其是在夏季, 其相对重要性指数高达 10 165。

虽然不同季节优势种组成有所差异, 但大亚湾大型底栖动物优势种组成较为稳定, 除粗帝汶蛤外还有毛头梨体星虫、脑纽虫、独毛虫和中蚓虫为大亚湾周年优势种。叶须内卷齿蚕和丝鳃稚齿虫为三季优势种, 克氏三齿蛇尾、波纹巴非蛤、光滑倍棘蛇尾、双鳃内卷齿蚕和奇异稚齿虫为两季优势种, 花冈钩毛虫、似蛭虫、不倒翁虫、梳鳃虫和短吻铲英螯为 1 个季节的优势种。单一季节的优势种主要出现在夏季, 在秋季没有出现。表明大亚湾海域夏季优势种组成最为丰富、变化最大, 秋季优势种组成最为稳定。

与 2004 年相比, 大亚湾大型底栖动物第一优势种仍为粗帝汶蛤, 但优势种组成变化较大。2004 年优势种以软体动物为主, 而此次多毛类优势种数目明显增多、优势地位也明显有所提高。2004 年优势种组成较为简单, 有 12 种优势种, 而本次有 18 个优势种。

优势种组成的年际变化表明大亚湾海域生态环境发生了较大程度的变化。1987 年主要种类为双鳃内卷齿蚕、袋稚齿虫、联珠蚶、粗帝汶蛤、波纹巴非蛤、模糊新短眼蟹、弯六足蟹和光滑倍

表 1 中国各海区大型底栖动物种类数
Tab.1 Number of macrobenthic species in different regions of China Sea

海域 area	种类数 number of species	年份 year	海域 area	种类数 number of species	年份 year
渤、黄海近岸海域 ^[14] coastal waters of Bohai Sea and Yellow Sea	239	1997–1998	渤海 ^[13] Bohai Sea	306	1997–1999
长江口 ^[19] Yangtze River estuary	50	2004	东海 ^[11] East China Sea	392	2000–2001
南黄海 ^[15] Southern Yellow Sea	272	2000–2001	福清湾 ^[18] Fuqing Bay	162	1990
海门湾 ^[17] Haimen Bay	193	1991–1992	胶州湾 ^[12] Jiaozhou Bay	322	1998–2001
泉州湾 ^[16] Quanzhou Bay	256	2001–2002	象山港 ^[20] Xiangshan Bay	43	2001

表 2 大亚湾海域各季大型底栖动物优势种
Tab.2 Dominating macrobenthic species in four seasons in Daya Bay

春季 spring		夏季 summer		秋季 autumn		冬季 winter	
种名 species	IRI	种名 species	IRI	种名 species	IRI	种名 species	IRI
粗帝汶蛤	2417	粗帝汶蛤	10165	粗帝汶蛤	671	粗帝汶蛤	3039
<i>Timoclea scabra</i>		<i>Timoclea scabra</i>		<i>Timoclea scabra</i>		<i>Timoclea scabra</i>	
丝鳃稚齿虫	304	似蛭虫	701	双鳃内卷齿蚕	458	双鳃内卷齿蚕	489
<i>Prionospio malmgreni</i>		<i>Amaeana trilobata</i>		<i>Aglaophamus dibranchis</i>		<i>A. dibranchis</i>	
花冈钩毛虫	213	中蚓虫	535	克氏三齿蛇尾	420	叶须内卷齿蚕	394
<i>Sigambra hanaokai</i>		<i>Mediomastus</i> sp.		<i>Amphiodia clarki</i>		<i>A. lobatus</i>	
毛头梨体星虫	180	不倒翁虫	462	叶须内卷齿蚕	300	独毛虫	295
<i>Apionsoma trichocephala</i>		<i>Sternaspis scutata</i>		<i>Aglaophamus lobatus</i>		<i>Tharyx</i> sp.	
脑纽虫	158	叶须内卷齿蚕	334	脑纽虫	295	脑纽虫	263
<i>Cerebratulina</i> sp.		<i>Aglaophamus lobatus</i>		<i>Cerebratulina</i> sp.		<i>Cerebratulina</i> sp.	
独毛虫	133	毛头梨体星虫	301	波纹巴非蛤	248	毛头梨体星虫	259
<i>Tharyx</i> sp.		<i>A. trichocephala</i>		<i>Paphia undulata</i>		<i>A. trichocephala</i>	
克氏三齿蛇尾	116	梳鳃虫	266	独毛虫	145	短吻铲英蛭	202
<i>Amphiodia clarki</i>		<i>Terebellides stroemii</i>		<i>Tharyx</i> sp.		<i>Listriolobus brevirostris</i>	
中蚓虫	102	独毛虫	259	毛头梨体星虫	131	中蚓虫	186
<i>Mediomastus</i> sp.		<i>Tharyx</i> sp.		<i>A. trichocephala</i>		<i>Mediomastus</i> sp.	
		波纹巴非蛤	174	丝鳃稚齿虫	105	丝鳃稚齿虫	144
		<i>Paphia undulata</i>		<i>Prionospio malmgreni</i>		<i>P. malmgreni</i>	
		脑纽虫	155	中蚓虫	103	奇异稚齿虫	128
		<i>Cerebratulina</i> sp.		<i>Mediomastus</i> sp.		<i>P. pinnata</i>	
		克氏三齿蛇尾	128	奇异稚齿虫	101	光滑倍棘蛇尾	110
		<i>Amphiodia clarki</i>		<i>Paraprionospio pinnata</i>		<i>A. laevis</i>	
		光滑倍棘蛇尾	124				
		<i>Amphiopholis laevis</i>					

棘蛇尾等^[3]。20 世纪 80 年代和 2000–2010 年相比,软体动物和棘皮动物的优势种基本保持一致,而甲壳类完全退出优势种的行列、多毛类虽然仍为优势种的主要组成,但具体种类有所变化,且种类数明显增多。1987 年多毛类优势种为双鳃内卷齿蚕和袋稚齿虫,而 2007 年为双鳃内卷齿蚕、丝鳃稚齿虫、奇异稚齿虫和叶须内卷齿蚕等。1987 年优势种中尚模糊新短眼蟹和弯六足蟹 2 种甲壳类^[3],2004 年仅有模糊新短眼蟹 1 种甲壳类在冬季成为优势种^[5],而 2008 年甲壳类则完全退出优势种的行列。优势种中甲壳类消失和多毛类的变化,提示 20 年来,大亚湾海域生态环境已经发生了较大程度的变化。

2.3 特征种

底栖生物个体较小,因此在群落特征分析中栖息密度是重要的参数之一。在整个群落总栖息密度中所占比例高的物种,在一定程度上就可反映出群落的特征。因此,在群落总栖息密度中所占比例偏高的物种称为特征种。以贡献率(即占总栖息密度的百分比)大于 5%为划分标准,表 3 列

出大亚湾海域各季大型底栖动物的特征种。各季特征种的差异较大,春季大亚湾大型底栖动物群落以粗帝汶蛤、毛头梨体星虫、花冈钩毛虫、丝鳃稚齿虫和不倒翁虫为特征种,夏季则以单钩襟节虫、白毛钩虫、东方刺尖锥虫、丝鳃稚齿 和塞切尔泥钩虾为特征种,秋季以双鳃内卷齿蚕、克氏三齿蛇尾、叶须内卷齿蚕、独毛虫、粗帝汶蛤、脑纽虫和中蚓虫为特征种,冬季以双鳃内卷齿蚕、叶须内卷齿蚕、脑纽虫、粗帝汶蛤、毛头梨体星虫和中蚓虫为特征种。

大亚湾海域大型底栖动物的特征种以多毛类为主,除粗帝汶蛤、克氏三齿蛇尾、毛头梨体星虫、塞切尔泥钩虾和脑纽虫外,其余均为多毛类。表明多毛类在大亚湾海域大型底栖动物群落中具有重要作用,其代表和反映了整个群落的特征。4 个季节中,春、夏和秋 3 个季节的特征种几乎完全不同,而秋季和冬季的特征种变化则较小。表明大亚湾大型底栖动物群落在秋季和冬季较为稳定,而春、夏和秋 3 季变化较大,也反映出春、夏和秋季是大亚湾海域环境变动较大的季节,而

表 3 大亚湾海域各季大型底栖动物特征种
Tab.3 Characteristic macrobenthic species in four seasons in Daya Bay

春季 spring		夏季 summer		秋季 autumn		冬季 winter	
种名 species	贡献率/% contribution	种名 species	贡献率/% contribution	种名 species	贡献率/% contribution	种名 species	贡献率/% contribution
粗帝汶蛤 <i>Timoclea scabra</i>	17.8	单钩襟节虫 <i>Clymenella cincta</i>	40.6	双鳃内卷齿蚕 <i>Aglaophamus dibranchis</i>	18.3	双鳃内卷齿蚕 <i>A. dibranchis</i>	19.1
毛头梨体星虫 <i>Apionsoma trichocephala</i>	13.3	白毛钩虫 <i>Cabira pilargiformis</i>	10.0	克氏三齿蛇尾 <i>Amphiodia clarki</i>	10.8	叶须内卷齿蚕 <i>A. lobatus</i>	15.1
花冈钩毛虫 <i>Sigambra hanaokai</i>	7.2	东方刺尖锥虫 <i>Scoloplosubra allardo</i>	9.9	叶须内卷齿蚕 <i>Aglaophamus lobatus</i>	10.8	脑纽虫 <i>Cerebratulina</i> sp.	9.8
丝鳃稚齿虫 <i>Prionospio malmgreni</i>	6.0	丝鳃稚齿虫 <i>Prionospio malmgreni</i>	9.7	独毛虫 <i>Tharyx</i> sp.	7.4	粗帝汶蛤 <i>Timoclea scabra</i>	9.6
不倒翁虫 <i>Sternaspis scutata</i>	5.2	塞切尔泥钩虾 <i>Eriopisella sechellensis</i>	8.0	粗帝汶蛤 <i>Timoclea scabra</i>	7.4	毛头梨体星虫 <i>Apionsoma trichocephala</i>	6.4
双鳃内卷齿蚕 <i>Aglaophamus dibranchis</i>	5.1			脑纽虫 <i>Cerebratulina</i> sp.	5.9	中蚓虫 <i>Mediomastus</i> sp.	6.1
				中蚓虫 <i>Mediomastus</i> sp.	5.7		

秋冬两季环境变化小也较为稳定。

3 讨论

3.1 大亚湾大型底栖生物种类组成的变化

本次调查大亚湾出现的大型底栖动物种类数远高于 2004 年的 49 科 79 种(类)^[5], 主要有以下 2 方面原因: 1) 样品分选筛网网目不同。本次调查使用 0.5 mm 和 1 mm 的双层套筛进行分选, 而 2004 年只用 1 mm 的筛网进行分选, 个体较小的种类有可能被遗漏; 2) 采样站次和区域不同。2004 年仅在大亚湾内设置 11 个站次进行采样, 而且调查区域主要集中在大亚湾西北部海域。本次调查设 31 个站位, 站位分布于大亚湾全部海域。站位范围和数量的不同使捕获的种类的数量差异明显。

虽然本次调查出现种类数远高于 2004 年调查结果, 但仍低于 1987 年的 473 种。此外 1987 年底栖动物的站均出现种数为 50.6 种/站, 最高可达 100 种/站。^[21]而本次的站均出现种数为 15.0 种/站, 最高种数为 38 种/站, 依然远低于历史水平。表明大亚湾底栖生物群落结构简单化的现象仍然明显, 群落的种类组成仍处于变化之中。造成群落结构长期变化的原因可能主要有: 地方性

污染、富营养化、拖网及养殖等渔业活动、底栖动物捕食者的改变、栖息地的改变和自然界的长期变化等^[22]。目前大亚湾地方性污染尚不严重, 而自然界的长期变化不可能在 20 年间有明显的显露。而大亚湾是人类活动异常频繁、经济发展迅猛的区域^[1]。由此, 因人类活动带来的富营养化、拖网及养殖等渔业活动、底栖动物捕食者和栖息地的改变, 可能是引起大亚湾大型底栖生物群落变化和种类数减少的主要原因。近年来, 大亚湾较大规模的填海造地、岛屿爆破、港口建设和养殖开发用地等, 使大亚湾的岸线和淤泥淤积宽度发生了较大的改变。于杰等^[23]研究表明, 1987–2005 年, 大亚湾岸线缩短了约 9 km, 与此同时滩涂状况也发生了较大的变化。而且大亚湾湾内的工程建设也从未间断过, 航道开挖疏浚、浚深和工程土方湾内随意抛置带来的栖息地破坏可能也是大亚湾底栖生物种数减少的重要原因之一。王友绍等^[2]的研究表明, 大亚湾已由过去的贫营养发展到中营养状态, 局部海域出现富营养化的趋势, 营养盐限制因子由过去的 N 限制过渡到目前的 P 限制, 目前的 N/P 比率已经偏离正常生态系统的轨道, 且大亚湾澳头港附近海域赤潮频发^[1-2]。营养结构的变化和营养水平的提高, 也是

影响底栖生物群落的主要因素。在生态环境急变和过度捕捞的强大压力下,20 年来,大亚湾海域鱼类生物量明显降低,优势种更替明显。20 世纪 80—90 年代间,以带鱼和银鲳等经济价值较高的优质鱼占优势;而今,大亚湾鱼类小型化和低值化的趋势非常明显。2004—2005 年,除斑鲷仍为第一优势种外,其余优势种被小型和较为低值的小沙丁鱼、小公鱼和二长棘鲷幼鱼所替代^[24]。以大型底栖动物为食的鱼类群落结构的改变,必然造成大型底栖生物群落的改变。大亚湾食物链的改变,也是底栖生物种类减少的重要因素。

3.2 多毛类优势地位显著提升

多毛类在底栖动物群落中地位的突显,反映出大亚湾海域营养水平的变化,也是需要密切关注的现象。以近年内大亚湾大型底栖动物群落的情况来看,多毛类在种类数量、优势种组成和整体群落中的重要均处于明显的优势地位,是表征和反映大亚湾大型底栖生物群落特征的特征种类。而多毛类以过滤泥吸取营养为生的底栖生物,其生活状况与底栖环境中营养状况密切相关。近 20 年来,大亚湾海域活性磷酸盐的含量有较大幅度的下降,而溶解态的无机氮含量则上升,总体的营养水平呈上升趋势^[22-23]。目前大亚湾水域已处于中等营养水平,局部水域已有富营养化的迹象,而且富营养化的趋势仍在继续^[1]。此外,大亚湾湾内网箱养殖和筏式贝类养殖业的规模日益扩大,其带来的水动力条件下降和残饵等生物沉降等使大亚湾沉积环境中有机质等营养物质含量大幅提高。与此同时,养殖生物排泄物经微生物代谢后以营养盐形式进入水体,导致水域营养盐含量增加和富营养化。显然,营养水平的提高有利于多毛类的生长,使得多毛类在大亚湾大型底栖动物种类组成中的优势地位明显增强,进而成为表征大亚湾大型底栖动物群落的重要特征种类。分析多毛类的数量分布表明,大鹏澳海域是大亚湾内多毛类分布的聚集区之一,尤其以春季和冬季最为明显。受位于大鹏澳口北侧的大亚湾核电站的温排水影响,大鹏澳区域平均水温上升约 0.4℃,水温升高使该区域营养水平也明显提高^[2,27-28]。此

外,在自然水温较低的情况下,温排水产生的热效应在一定程度内(2~4℃),对底栖动物种类和数量的增加有利^[28-29]。核电站附近水域底栖生物发生了较大变化,虽然出现种类数和年平均生物量均呈下降趋势,但多毛类数量下降趋势却不明显^[2]。显然核电站运行带来的营养水平和水温提高,在一定程度上是有利于多毛类生长的。但这种有利作用集中体现上温度较低的春季和秋季,在温度较高的夏季增温对底栖生物生活则产生明显的不利。夏季大鹏澳内多毛类的聚集中心消失,推移至澳口以南的大亚湾湾口附近区域内。

致谢: 样品鉴定得到了国家海洋局第三海洋研究所江锦祥研究员、李荣冠研究员、郑凤武研究员、郑成祥研究员等的帮助,写作过程中得到了中国水产科学研究院南海水产研究所吴进锋研究员的帮助,英国东安格利亚大学环境科学院 William W. L. Cheung 博士对英文摘要进行了修改和润色,课题组其他成员在外业调查、样品采集、分析过程中给予帮助,特致谢忱。

参考文献:

- [1] 王肇鼎, 练健生, 胡建兴, 等. 大亚湾生态系统退化特征[J]. 生态科学, 2003, 22(4): 313—320.
- [2] 王友绍, 王肇鼎, 黄良民. 近 20 年来大亚湾生态环境的变化及其发展趋势[J]. 热带海洋学报, 2004, 23(5): 85—95.
- [3] 江锦祥, 蔡尔西, 吴启泉, 等. 大亚湾底栖生物的种类组成和数量分布[A]. 大亚湾海洋生态文集(II). 北京: 海洋出版社, 1990: 235—247.
- [4] 江锦祥, 李荣冠, 郑凤武, 等. 大亚湾底栖动物群落结构分析[A]. 大亚湾海洋生态文集(II). 北京: 海洋出版社, 1990, 282—289.
- [5] 杜飞雁, 张汉华, 李纯厚, 等. 大亚湾大型底栖动物种类组成及物种多样性研究[J]. 中国水产科学, 2008, 15(2): 253—260.
- [6] 杜飞雁, 王雪辉, 李纯厚, 等. 大亚湾大型底栖动物次级生产力变化特征初探[J]. 应用生态学报, 2008, 19(4): 873—880.
- [7] 杜飞雁, 王雪辉, 李纯厚, 等. 大亚湾大型底栖动物群落结构[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1091—1098.
- [8] 国家技术监督局. 海洋调查规范—海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [9] 连光山, 林玉辉, 蔡秉及, 等. 大亚湾浮游动物群落的特征

- [A]. 大亚湾海洋生态文集(II). 北京: 海洋出版社, 1990: 180–186.
- [10] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson IL K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 1971, 152: 1–105.
- [11] 刘录三, 李新正. 东海春秋大型底栖动物分布现状[J]. 生物多样性, 2002, 10(4): 351–358.
- [12] 于海燕, 李新正, 李宝泉, 等. 胶州湾大型底栖动物生物多样性现状[J]. 生态学报, 2006, 26(2): 416–422.
- [13] 韩洁, 张志南, 于子山. 渤海中、南部大型底栖动物物种多样性的研究[J]. 生物多样性, 2003, 11(1): 20–27.
- [14] 胡颢琰, 黄备, 唐静亮, 等. 渤、黄海近岸海域底栖生物生态研究[J]. 东海海洋, 2000, 18(4): 39–46.
- [15] 刘录三, 李新正. 南黄海春秋大型底栖动物分布现状[J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(1): 26–32.
- [16] 李荣冠, 王建军, 郑成兴, 等. 泉州湾大型底栖生物群落生态[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3562–3571.
- [17] 李荣冠, 江锦祥, 蔡尔西, 等. 广东海门湾大型底栖生物生态研究[J]. 台湾海峡, 1997, 16(2): 217–222.
- [18] 李荣冠, 江锦祥, 蔡尔西, 等. 福清湾大型底栖生物生态研究[J]. 海洋学报, 1995, 17(1): 90–96.
- [19] 孙亚伟, 曹恋, 秦玉涛, 等. 长江口邻近海域大型底栖生物群落结构分析[J]. 海洋通报, 2007, 26(2): 66–70.
- [20] 王金辉, 杨春旺, 孙亚伟, 等. 象山港大型底栖动物的生物多样性和次级生产力研究[J]. 天津农学院学报, 2006, 13(2): 24–28.
- [21] 徐恭昭. 大亚湾环境与资源[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989: 191–208.
- [22] 韩洁, 张志南, 于子山. 渤海中、南部大型底栖动物的群落结构[J]. 生态学报, 2004, 24(3): 531–537.
- [23] 于杰, 杜飞雁, 陈国宝, 等. 应用遥感技术研究大亚湾海岸线的变迁[J]. 遥感技术与应用, 2008, 24(4): 512–516.
- [24] 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松, 等. 1980–2007 年大亚湾鱼类物种多样性、区系特征和数量变化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(9): 2403–2420.
- [25] 彭云辉, 孙丽华, 陈浩如, 等. 大亚湾海区营养盐的变化及富营养化研究[J]. 海洋通报, 2002, 21(3): 44–49.
- [26] 丘耀文, 王肇鼎, 朱良生. 大亚湾海域营养盐与叶绿素含量的变化趋势及其对生态环境的影响[J]. 台湾海峡, 2005, 24(2): 131–139.
- [27] 刘胜, 黄晖, 黄良民, 等. 大亚湾核电站以对海湾溪流植物群落的生态效应[J]. 海洋环境科学[J]. 2006, 25(2): 9–12.
- [28] 於凡, 张永兴. 滨海核电站温排水对海洋生态系统影响的研究[J]. 辐射防护通讯[J]. 2008, 28(1): 1–7.
- [29] 吴健, 黄沈发, 杨泽生. 热排放对水生生态系统的影响及其缓解对策[J]. 环境科学与技术[J]. 2006, 29(增): 127–129.

Species composition and characteristics of macrobenthic fauna in Daya Bay, South China Sea

DU Feiyan^{1,2}, WANG Xuehui^{1,3}, JIA Xiaoping¹, YANG Shengyun², MA Shengwei¹, CHEN Haigang^{1,3}, LI Chunhou¹

1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510300, China;

2. Post-doctoral Research Station, College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

3. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: The species composition, dominance and characteristics of macrobenthic fauna were studied within 124 sampling stations from four survey cruises in Daya Bay, South China Sea, during March, May, September, and December, 2008. We found large seasonal changes in macrobenthic faunal community species composition. A total of 279 macrobenthic species were found in Daya Bay in 2008, with an average ratio of species seasonal subrogation of 63%. We also observed that the composition of dominant species was relatively stable among seasons, and mainly dominated by a single species. Throughout the year, the most dominant species was *Timoclea scabra*, followed by *Apionsoma trichocephala*, *Cerebratulina* sp., *Tharyx* sp. and *Mediomastus* sp. The polychaete worms

were characteristic macrobenthos in Daya Bay, where they have important ecological functions. It was also evident that the macrobenthic faunal composition in Daya Bay mirrored environmental conditions at each site. There were clear seasonal changes in subrogation species characteristics, which also reflected large seasonal changes in environmental conditions in Daya Bay, especially in spring, summer and autumn. Changes between autumn and winter were relatively small. The shift in dominant species composition within the macrobenthos in different years indicates long-term changes in environmental conditions in Daya Bay over the past 20 years. The increased dominance of polychaete worms over time suggests increased eutrophication in Daya Bay. Moreover, macrobenthic species richness was higher in recent years, and was associated with continued community structure simplification. The number of species in the 2008 samples (279 spp.) was lower than those in 1987 (473 spp.). In 1987, the mean number of macrobenthic fauna in Daya Bay was 50.6 spp./station, with a maximum of 100 spp./station across sample stations. In 2008, the mean number of macrobenthic fauna was 15.0 spp./station with a maximum of 38 spp./station.

Key words: Daya Bay; macrobenthic fauna; species composition; species characteristics; South China Sea

附录 1 大亚湾大型底栖动物名录(2008)

App. 1 Macrobenthic fauna list in Daya Bay (2008)

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
环节动物门	ANNELIDA				
叶须虫科	PHYLLODOCIDAE				
叶须虫	<i>Phyllodoce</i> sp.	+			+
特须虫科	LACYDONIIDAE				
拟特须虫	<i>Paralacydonia paradoxa</i>		+		+
多鳞虫科	POLYNOIDAE				
拟海鳞虫	<i>Parahalosydropsis hartmanae</i>				+
覆瓦哈鳞虫	<i>Harmothoe imbricata</i>	+			
亚洲哈鳞虫	<i>Harmothoe asiatica</i>	+			
哈鳞虫	<i>Harmothoe</i> sp.	+	+		
格鳞虫	<i>Gattyana</i> sp.			+	+
脆鳞虫	<i>Lepidasthenia</i> sp.				+
<i>Intoshella</i> sp.	<i>Intoshella</i> sp.				+
<i>Polynoidae</i> und.	<i>Polynoidae</i> und.	+	+		
锡鳞虫科	SIGALIONIDAE				
黑斑蠕鳞虫	<i>Acoetes melanonota</i>				+
日本强鳞虫	<i>Sthenolepis japonica</i>	+	+		+
褐镰毛鳞虫	<i>Sthenelais fusca</i>	+			
埃刺梳鳞虫	<i>Ehlersileanira incisa</i>			+	
怪鳞虫	<i>Pholoe</i> sp.		+	+	+
真鳞虫科	EULEPETHIDAE				
真鳞虫	<i>Eulepethus hamifera</i>		+	+	+
金扇虫科	CHRYSOPETALIDAE				
短卷虫	<i>Bhawania brevis</i>	+	+	+	+
海女虫科	HESIONEDAE				
结海虫	<i>Leocrates chinensis</i>	+	+		
狭细蛇潜虫	<i>Ophiodromus angustifrons</i>	+	+	+	+
<i>Podarkeopsis</i> sp.	<i>Podarkeopsis</i> sp.			+	+
白毛虫科	PILARGIIDAE				
花冈钩毛虫	<i>Sigambra hanaokai</i>	+	+	+	+

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
短须钩裂虫	<i>Ancistrosyllis brevicirris</i>		+	+	
白合甲虫	<i>Synelmis albini</i>			+	+
印度拟刺毛虫	<i>Parandalia indica</i>			+	
白毛钩虫	<i>Cabira pilargiformis</i>	+	+	+	+
钩虫	<i>Cabira</i> sp.	+			
钩毛虫	<i>Sigambra</i> sp.	+			
沙蚕科	NEREIDAE				
背褶沙蚕	<i>Tambalagama fauveli</i>		+	+	
光突齿沙蚕	<i>Leonnates persica</i>	+	+	+	+
周氏突齿沙蚕	<i>Leonnates jousseaumei</i>	+			
多齿全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes multignatha</i>	+	+		
锤角全刺沙蚕	<i>Nectoneanthes alatopalpis</i>	+			+
沙蚕	<i>Nereis</i> sp.	+			
刺沙蚕	<i>Neanthes</i> sp.		+		
角沙蚕	<i>Ceratonereis</i> sp.	+			
吻沙蚕科	GLYCERIDAE				
长吻吻沙蚕	<i>Glycera chirori</i>	+	+	+	+
锥唇吻沙蚕	<i>G. onomichiensis</i>	+			
倦旋吻沙蚕	<i>Glycera convoluta</i>	+			+
白色吻沙蚕	<i>Glycera alba</i>			+	+
吻沙蚕	<i>Glycera</i> sp.	+	+		
角吻沙蚕科	GONIADIDAE				
寡节甘吻沙蚕	<i>Glycinde gurjanvoae</i>	+	+	+	+
日本角吻沙蚕	<i>Goniada japonica</i>				+
甘吻沙蚕	<i>Glycinde</i> sp.	+			
<i>Goniadidae</i> und.			+		
齿吻沙蚕科	NEPHTYIDAE				
中华内卷齿蚕	<i>Aglaophamus sinensis</i>	+			
双鳃内卷齿蚕	<i>Aglaophamus dibranchis</i>	+	+	+	+
叶须内卷齿蚕	<i>Aglaophamus lobatus</i>	+	+	+	+
东方内卷齿蚕	<i>Aglaophamus orientalis</i>	+			
暖温内卷齿蚕	<i>A. glaophamus tepens</i>	+	+		
吐露内卷齿蚕	<i>Aglaophamus toloensis</i>	+			
内卷齿蚕	<i>Aglaophamus</i> sp.			+	+
多鳃卷吻沙蚕	<i>Nephtys polybranchia</i>	+	+		
内卷齿蚕	<i>Aglaophamus</i> sp.		+		
卷吻沙蚕	<i>Nephtys</i> sp.	+			
锥头虫科	ORBINIIDAE				
东方刺尖锥虫	<i>Scoloplos rubra</i>		+		
越南锥头虫	<i>Orbinia vietnamensis</i>	+		+	+
卡氏锥头虫	<i>Orbinia curieri</i>		+		
无须锥头虫	<i>Orbinia exarmata</i>	+			
居虫	<i>Naineris</i> sp.				
锥头虫	<i>Orbinia</i> sp.		+		
尖锥虫	<i>Scoloplos</i> sp.			+	

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
异毛虫科	PARAONIDAE				
独指虫	<i>Aricidea</i> sp.	+	+	+	
卷须虫	<i>Cirrophorus</i> sp.	+		+	
异毛虫	<i>Paraonis</i> sp.	+			
<i>Paraonidae</i> und.	<i>Paraonidae</i> und.	+	+	+	+
单指虫科	COSSURIDAE				
双形拟单指虫	<i>Cossurella dimorpha</i>	+	+	+	+
单指虫	<i>Cossura</i> sp.			+	
海稚虫科	SPIONIDAE				
后指虫	<i>Laonice cirrata</i>	+	+	+	+
光稚虫	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	+	+		+
丝鳃稚齿虫	<i>Prionospio malmgreni</i>	+	+	+	+
袋稚齿虫	<i>Prionospio ehlersi</i>		+	+	+
稚齿虫	<i>Prionospio pulchra</i>	+			
稚齿虫	<i>Prionospio elongata</i>	+			
奇异稚齿虫	<i>Paraprionospio pinnata</i>	+	+	+	+
稚齿虫	<i>Prionospio</i> sp.	+			
光稚虫	<i>Spiophanes</i> sp.	+			
才女虫	<i>Polydora</i> sp.	+			
腹沟虫	<i>Scolecopsis</i> sp.				+
<i>Spionidae</i> und.	<i>Spionidae</i> und.			+	+
轮毛虫科	TROCHOCHAETIDAE				
轮毛虫	<i>Trochochaeta</i> sp.	+			
长手沙蚕科	MAGELONIDAE				
尖叶长手沙蚕	<i>Magelona cineta</i>	+		+	
栉状长手沙蚕	<i>Magelona crenulifrons</i>	+	+		
长手沙蚕	<i>Magelona</i> sp.	+			
杂毛虫科	POECILOCHAETIDAE				
蛇杂毛虫	<i>Poecilochaetus serpens</i>	+			
热带杂毛虫	<i>Poecilochaetus tropicus</i>	+			
杂毛虫	<i>Poecilochaetus tricirratus</i>			+	
杂毛虫	<i>Poecilochaetus</i> sp.	+	+	+	+
鳞虫科	CHAETOPTERIDAE				
鳞虫	<i>Chaetopterus</i> sp.	+			
丝鳃虫科	CIRRATULIDAE				
细丝鳃虫	<i>Cirratulus filiformis</i>			+	+
毛须鳃虫	<i>Cirriformia filigera</i>			+	
马氏独毛虫	<i>Tharyx marioni</i>	+			
须鳃虫	<i>Cirriformia</i> sp.	+	+		
刚鳃虫	<i>Chaetozone</i> sp.	+	+	+	+
独毛虫	<i>Tharyx</i> sp.	+	+	+	+
小头虫科	CAPITELLIDAE				
背蚓虫	<i>Notomastus latericeus</i>	+			+
背毛背蚓虫	<i>Notomastus aberans</i>			+	+

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
小头虫	<i>Capitella</i> sp.	+			
巴林虫	<i>Barantolla</i> sp.	+			
中蚓虫	<i>Mediomastus</i> sp.	+	+	+	+
异蚓虫	<i>Heteromastus</i> sp.			+	
背蚓虫	<i>Notomastus</i> sp.	+	+		
滑蚓虫	<i>Leiochrides</i> sp.				+
<i>Capitellidae</i> und.	<i>Capitellidae</i> und.	+			
节节虫科	MALDANIDAE				
简毛拟节节虫	<i>Praxillella gracilies</i>	+	+	+	+
单钩襟节节虫	<i>Clymenella cincta</i>		+	+	
拟节节虫	<i>Praxillella</i> sp.		+		
<i>Maldanidae</i> und.	<i>Maldanidae</i> und.	+	+	+	
海蛲虫科	OPHELIIDAE				
角海蛲虫	<i>Ophelina acuminata</i>	+		+	+
华丽角海蛲虫	<i>Ophelina grandis</i>	+	+		
梯额虫科	SCALIBREGMIDAE				
梯毛虫	<i>Scalibregma inflatum</i>	+			
瘤首虫	<i>Hyboscolex</i> sp.	+			
仙女虫科	AMPHINOMIDAE				
边鳃拟刺虫	<i>Linopherus pancibranchiata</i>			+	
拟刺虫	<i>Linopherus</i> sp.		+	+	+
欧努菲虫科	ONUPHIDAE				
智利巢沙蚕	<i>Diopatra chiliensis</i>	+			+
欧努菲虫	<i>Onuphis eremita</i>	+			+
欧努菲虫	<i>Onuphis</i> sp.	+			
矾沙蚕科	EUNICIDAE				
滑指矾沙蚕	<i>Eunice indica</i>	+			+
扁平岩虫	<i>Marphysa depressa</i>	+			+
岩虫	<i>Marphysa sanguinea</i>	+			
毡毛岩虫	<i>M. stragulun</i>	+	+	+	
索沙蚕科	LUMBRINERIIAE				
纳加索沙蚕	<i>Lumbrineris nagae</i>	+	+	+	+
西奈索沙蚕	<i>Lumbrineris shiinoi</i>		+	+	+
索沙蚕	<i>Lumbrineris</i> sp.	+	+		+
双唇索沙蚕	<i>L. cruzensis</i>			+	+
花索沙蚕科	ARABELLIDAE				
线沙蚕	<i>Drilonereis filun</i>		+	+	+
豆维虫科	DORVILLEIDAE				
无眼叉毛豆维虫	<i>Schistomeringos incerta</i>	+			
叉毛豆维虫	<i>Schistomeringos</i> sp.	+	+	+	+
不倒翁虫科	STERNASPIDAE				
不倒翁虫	<i>Sternaspis scutata</i>	+	+	+	+
扇毛虫科	FLABELLIGERIDAE				
肾扇虫	<i>Piromis</i> sp.	+		+	

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
<i>Flabelligeridae</i> und.	<i>Flabelligeridae</i> und.	+	+		
双栉虫科	AMPHARETIDAE				
米列虫	<i>Melinna cristata</i>	+			
双栉虫	<i>Ampharete acutifrons</i>		+		
<i>A. macrobranchia</i>	<i>A. macrobranchia</i>	+			
等栉虫	<i>Isolda pulchella</i>	+	+		+
颈栉虫	<i>Auchenoplex</i> sp.		+		+
沟栉虫	<i>Anobothrus</i> sp.	+	+	+	+
树栉虫	<i>Samytha</i> sp.				+
米列虫	<i>Melinna</i> sp.	+			
扇栉虫	<i>Amphicteis</i> sp.		+		
毛鳃虫科	TRICHOBRACHIDAE				
梳鳃虫	<i>Terebellides stroemii</i>	+	+		+
蛭龙介科	TEREBLLIDAE				
似蛭虫	<i>Amaeana trilobata</i>	+	+	+	+
西方似蛭虫	<i>Amaeana occidentalis</i>		+		
烟树蛭虫	<i>Pista typha</i>		+		
扁蛭虫	<i>Loimia medusa</i>	+		+	+
树蛭虫	<i>Pista</i> sp.	+	+		+
<i>Terebellidae</i> und.	<i>Terebellidae</i> und.		+		
缨鳃虫科	SABELLIDAE				
<i>Sabellidae</i> und.	<i>Sabellidae</i> und.	+			
龙介虫科	SERPULIDAE				
<i>Hydroides</i> sp.	<i>Hydroides</i> sp.	+			
寡毛类	<i>Oligochaeta</i> sp.		+		
软体动物门					
蛞科	ARCIDAE				
半扭蛞	<i>Trisidos semitorta</i>	+	+		
唇毛蛞	<i>Scapharca labiosa</i>	+	+		
夹毛蛞	<i>Scapharca vellicata</i>	+			
对称拟蛞	<i>Arcopsis symmetrica</i>				+
联珠蛞	<i>Mabellarca consociata</i>	+	+	+	+
牡蛎科	OSTREIDAE				
鹅掌牡蛎	<i>Planostrea pestigris</i>	+			
帆螺科	CALYPTRAEIDAE				
笠帆螺	<i>Calyptraea morbida</i>			+	
樱蛤科	TELLINIDAE				
衣角樱蛤	<i>Abgulus vestalis</i>				+
洁胖樱蛤	<i>Pinguitellina casta</i>				+
闪光桔蛤	<i>Pulvinus micans</i>				+
紊纹美丽蛤	<i>Merisca perplexa</i>				+
刀明樱蛤	<i>Moerella culter</i>	+	+		
彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens</i>	+	+		
亮樱蛤	<i>Nitidotellina nitidula</i>	+			

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
神角蛤	<i>Semelangulus</i> sp.			+	
白樱蛤	<i>Macoma</i> sp.				+
角樱蛤	<i>Augalus</i> sp.	+			
蚶叶蛤	<i>Arcopaginula</i> sp.	+			
双带蛤科	SEMELIDAE				
侧底理蛤	<i>Theora lata</i>	+	+	+	
洁小海螂	<i>Leptomya pura</i>				+
小海螂	<i>Leptomya</i> sp.				+
帘蛤科	VENERIDAE				
粗帝汶蛤	<i>Timoclea scabra</i>	+	+	+	+
美叶雪蛤	<i>Clausinella calophylla</i>	+	+	+	+
波纹巴非蛤	<i>Paphia undulata</i>	+	+	+	+
色雷西蛤科	THRACIIDAE				
金星蝶铰蛤	<i>Trigonothracia jinxingae</i>		+		
满月蛤科	LUCINIDAE				
无齿蛤	<i>Anodontia</i> sp.		+		
心满月蛤	<i>Cardiolucina</i> sp.				+
吻状蛤科	NUCULANIDAE				
尖喙小囊蛤	<i>Saccella cuspidata</i>		+	+	+
蛤蜊科	MACTRIDAE				
鸟喙小脆蛤	<i>Raetellops pulchella</i>				+
角贝科	DENTALIIDAE				
胶州湾角贝	<i>Episiphon kiaochohwanensis</i>				+
马蹄螺科	TROCHIDAE				
昌螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	+	+		+
锥螺科	TURRITELLIDAE				
棒锥螺	<i>Turritella bacillum</i>	+	+		+
织纹螺科	NASSARIIDAE				
红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>	+			+
西格织纹螺	<i>Nassarius siquinjorensis</i>	+	+		
织纹螺	<i>Nassarius</i> sp.	+	+		
<i>Zeuxis</i> sp.	<i>Zeuxis</i> sp.		+		
衲螺科	CANCELLARIIDAE				
白带三角口螺	<i>Trigonaphera bocageana</i>	+			+
塔螺科	TURRIDAE				
细肋蕾螺	<i>Gemmula deshayesii</i>	+		+	+
假奈拟塔螺	<i>Turricula nelliae spurius</i>	+	+	+	+
<i>Elaeocyma</i> sp.	<i>Elaeocyma</i> sp.		+		
<i>Drania</i> sp.	<i>Drania</i> sp.				+
笋螺科	TEREBRIDAE				
三列笋螺	<i>Terebra triseriata</i>	+			+
笋螺	<i>Terebra</i> sp.	+	+		
双层笋螺	<i>Diplomeriza duplicata</i>	+	+		
三叉螺科	TRICLIDAE				

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
圆筒原盒螺	<i>Eocylichna braunsi</i>	+	+		+
骨螺科	MURICIDAE				
浅缝骨螺	<i>Murex trapa</i>		+		
壳蛞蝓科	PHILINIDAE				
银白齿缘壳蛞蝓	<i>Yojoyamaia argentata</i>	+			
节肢动物门					
蜉蝣科	EPHEMERLLIDAE				
双齿蜉蝣	<i>Ephemera</i> sp.			+	
涟虫科	BODOTRIDAE				
细长涟虫	<i>Iphinoe tener</i>	+			
宽甲古涟虫	<i>Eocuma lata</i>	+	+		
针尾涟虫科	DIASTYLIDAE				
三叶针尾涟虫	<i>Diastylis tricineta</i>	+			
潮虫科	ONISCIDAE				
六扁平蛄鼠妇	<i>Porcellionides sexfasciatus</i>		+		
双眼钩虾科	AMPELISCIDAE				
美原双眼钩虾	<i>Ampelisca miharaensis</i>	+	+		
短角双眼钩虾	<i>Ampelisca brevicornis</i>	+	+		
日本沙钩虾	<i>Byblis japonicus</i>	+	+		
盲沙钩虾	<i>Byblis typhlotes</i>	+			
弯指伊氏钩虾	<i>Idunella curvidactyla</i>	+	+	+	
钩虾科	GAMMARIDAE				
塞切尔泥钩虾	<i>Eriopisella sechellensis</i>	+	+	+	
长指马尔他钩虾	<i>Melita longidactyla</i>	+	+		
梳肢片钩虾	<i>Elasmopus pecteniscrus</i>	+			
螺赢蜚科	COROPHIIDAE				
好斗埃蜚	<i>Erichthonius pugnax</i>	+			
薄片螺赢蜚	<i>Corophium lamellatum</i>	+			
上野螺赢蜚	<i>Corophium uenoi</i>	+			
天草旁宽钩虾	<i>Pareurystheus amakusaensis</i>	+	+		
夏威夷亮钩虾	<i>Photis hawaiiensis</i>	+			
樱虾科	SERGESTIDAE				
日本毛虾	<i>Acetes japonicus</i>		+		
藻虾科	HIPPOLYTIDAE				
长角船形虾	<i>Tozeuma lanceolatum</i>			+	
鞭碗虾	<i>Lysmata</i> sp.		+		
对虾科	PENAEIDAE				
鹰爪虾	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>		+		
细巧仿对虾	<i>Parapenaeopsis tenella</i>			+	+
管鞭虾科	SOLENOCERIDAE				
中华管鞭虾	<i>Solenocera crassicornis</i>	+			
蛄蛄虾科	UPOGEBIIDAE				
伍氏蛄蛄虾	<i>Upogebia wushienweni</i>			+	
瓷蟹科	PORCELLANIDAE				

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
绒毛细足蟹	<i>Raphidopus ciliatus</i>	+	+	+	
玻璃虾科	PASIPHAEIDAE				
尖尾细螯虾	<i>Leptochela aculeocaudata</i>	+	+	+	
鼓虾科	ALPHEIDAE				
日本鼓虾	<i>Alpheus japonicus</i>	+	+	+	
鼓虾	<i>Alpheus</i> sp.	+	+		
美人虾科	CALLIONASSIDAE				
日本美人虾	<i>Callianassa japonica</i>	+	+	+	
关公蟹科	DORIPPIDAE				
伪装关公蟹	<i>Dorippe facchino</i>	+			
梭子蟹科	PORTUNIDAE				
日本蟳	<i>Charybdis japonica</i>			+	
疾进蟳	<i>Charybdis vadorum</i>	+			
蛙蟹科	RANNINIDAE				
簕额滨蟹	<i>Rhynchoplax messor</i>			+	
长脚蟹科	GONEPHECIDAE				
隆背强蟹	<i>Eucrate costata</i>			+	
齿腕拟盲蟹	<i>Typhlocarcinops denticarpes</i>	+	+	+	
颗粒六足蟹	<i>Hexapus granuliferus</i>	+	+	+	
刺足掘沙蟹	<i>Scalopidia spinosipes</i>	+		+	
豆蟹科	PINNOTHERIDAE				
宽腿巴豆蟹	<i>Pinnixa penultipedalis</i>			+	
模糊新短眼蟹	<i>Neoxenophthalmus obscurus</i>	+	+	+	
虾蛄科	SQUILIDAE				
无刺口虾蛄	<i>Oratosquilla inornata</i>	+	+	+	
口虾蛄幼体	<i>Oratosquilla</i> sp.		+		
棘皮动物门					
沙鸡子科	PHYLLOPHORIDAE				
可古沙鸡子	<i>Phyllophorus Kohkutiensis</i>				+
沙鸡子	<i>Phyllophorus</i> sp.	+	+		+
锚参科	SYNAPTIDAE				
棘刺锚参	<i>Protankyra bidentata</i>	+	+	+	
苏氏刺锚参	<i>Protankyra suenoni</i>			+	
尻参科	CAUDINADAE				
海地瓜	<i>Acaudina molpadioides</i>	+	+	+	+
阳遂足科	AMPHIURIDAE				
光滑倍棘蛇尾	<i>Amphiopholis laevis</i>	+	+	+	+
洼颞倍棘蛇尾	<i>Amphiopholis depressus</i>	+	+		
日本倍棘蛇尾	<i>Amphiopholis japonicus</i>	+			
细腕阳遂足	<i>Amphiura tenuis</i>		+	+	+
克氏三齿蛇尾	<i>Amphiodia clarki</i>	+	+	+	+
四齿蛇尾	<i>Paramphicondrius tetradontus</i>	+			+
倍棘蛇尾	<i>Amphiopholis</i> sp.		+	+	+
阳遂足	<i>Amphiura</i> sp.				+
瓜参科	CUCUMARIIDAE				
模式辐瓜参	<i>Actinocucumis typicus</i>				+

附录 1 续 App.1 continued

分类	classification	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
裂星海胆科	SCHIZASTERIDAE				
凹裂星海胆	<i>Schizaster lacunosus</i>		+		
拉文海胆科	LOVENIIDAE				
长拉文海胆	<i>Lovenia elongata</i>	+			
扁拉文海胆	<i>Lovenia subcarinata</i>		+	+	
其他					
沙簪海鳃科	VIRGULARIIDAE				
白沙簪海鳃	<i>Virgularia gustaviana</i>		+		
海葵科	ACTINIIDAE				
侧花海葵	<i>Anthopleura</i> sp.		+		+
蠕形海葵科	Halcampidae				
大蠕形海葵	<i>Halcampella maxima</i>				+
沙簪科	VERETILLIDAE				
海仙人掌	<i>Cavernularia obesa</i>				+
爱氏海葵科	EDWARDSIDAE				
米爱氏海葵	<i>Milne-Edwardsia</i> sp.	+			
纵条肌海葵科	HALIPLANELLA				
纵条肌海葵	<i>Haliplanella luciae</i>	+			
柄涡科	STYLOCHIDAE				
今岛柄涡虫	<i>Stylochus ijimai</i>	+			+
脑纽科	CEREBRATULIDAE				
脑纽虫	<i>Cerebratulina</i> sp.	+	+	+	+
纽虫	<i>Nemertinea</i> und.	+	+	+	+
枝吻科	POLYBRACHIORHYNCHIDAE				
枝吻纽虫	<i>Dendrorhynchus</i> sp.	+			
革囊星虫科	PHASCOLOSOMATIDAE				
毛头梨体星虫	<i>Apionsoma trichocephala</i>	+	+	+	+
革囊星虫	<i>Phascolosoma</i> sp.	+			
螯科	ECHIURIDAE				
短吻铲荚螯	<i>Listriolobus brevirostris</i>	+	+		+
瓜参科	CUCUMARIIDAE				
模式辐瓜参	<i>Actinocucumis typicus</i>		+		
文昌鱼科	AMPHIOXIDAE				
短刀偏文昌鱼	<i>Asymmefron culfellum</i>		+		+
鳗虾虎鱼科	TAENIOIDIDAE				
红狼牙虾虎鱼	<i>Odontamblyopus rubicundus</i>	+	+	+	
蠕鳗科	ECHELIDAE				
大鳍虫鳗	<i>Muraenichthys macropterus</i>				+
虾虎鱼科	GOBIIDAE				
矛尾复虾虎鱼	<i>Synechogobius hasta</i>	+			
触角沟虾虎鱼	<i>Oxyurichthys tentacularis</i>	+			
长丝虾虎鱼	<i>Cryptocentrus filifer</i>			+	
巴布亚沟虾虎鱼	<i>Oxyurichthys papuensis</i>				+
蛇鳗科	OPHICHTHYIDAE				
中华须鳗	<i>Cirrhimuraena chinensis</i>		+		
犀鳗科	BREGMACEROTIDAE				
麦氏犀鳗	<i>Bregmaceros maclellandi</i>			+	+

注: “+”表示有出现。

Note: “+” means occurred.