

香港维多利亚港大型底栖生物 群落的时空变化

蔡立哲

洪华生

黄玉山

(海洋生态环境国家教委开放研究实验室、厦门大学环境科学研究中心)

(香港科技大学研究中心)

摘 要 1995 年 3 月和 8 月对香港维多利亚港 8 个站位的底栖生物进行了调查, 共获得 40 种大型底栖生物. 其中多毛类 25 种, 软体动物 4 种, 甲壳动物 7 种, 鱼类 4 种. 根据各取样站耐污种和丰度生物量比较法分析得出, 靠近机场的 VS2 和 VS4 两取样站底质受到有机质严重污染; 处于港的西部和中部的 VM8、WM2、VS5 和 VS6 4 个取样站底质处于中度污染状态; 处于港的东部的 VS1 和 VS3 两取样站底质相对较好. 这些特征与维多利亚港输入大量工业和生活污水及水动力环境有关. 上述结果还与维多利亚港底栖生物的历史资料进行了对比分析.

关键词 底栖生物 群落 维多利亚港

前 言

Shin 和 Thompson^[1]根据 1975~1977 年的调查评述认为, 虽然香港中部接纳大量未经处理的废水, 但对底栖生物影响很小. 随后 1979 年的调查, Thompson 和 Shin^[2]认为维多利亚港已污染的区域约 15km², 当时 4 个避风坞内已采不到大型底栖生物. 在香港维多利亚港与厦门港污染沉积物变化过程的对比研究中, 我们对维多利亚港 8 个取样站进行了底栖生物调查, 应用种类组成比较和丰度生物量比较法^[3], 评估维多利亚港底质的污染状态, 以及 16 年来底栖生物群落的维持情况.

1 材料与方 法

1995 年 3 月, 我们乘香港环保署的调查船对维多利亚港进行大型底栖生物取样, 8 个取样站位如图 1 所示. 1995 年 8 月再次进行调查时, 其中的 VS4 已围填造地, 站 VS1 和 WM2 因其他原因无法取样, 只调查了 5 个站位. 每个站位以 0.1m² 的 Smith-McIntyre 采泥器重复取

本文于 1995-09-15 收到, 修改稿于 1996-04-09 收到.

* 国家自然科学基金资助项目 (编号: 49356001).

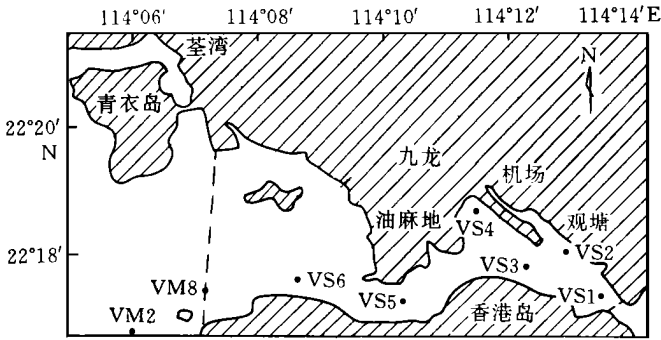


图1 香港维多利亚港底栖生物取样站位

生物量比较法^[3] (简称 ABC 法) 采用 K -优势度复合曲线进行比较. 种类多样性指数 (H)、均匀度指数 (J) 和种类丰度指数 (D) 分别依如下公式计算:

$$H = - \sum_i^s (N_i/N) \log_2(N_i/N) \quad (\text{Shannon \& Weaver, 1963})$$

$$J = H \log_2 S \quad (\text{Pielou, 1966})$$

$$D = S - 1 / \ln N \quad (\text{Margalef, 1958})$$

$$D = S - 1 / \ln N$$

2 结果与讨论

2.1 各取样站的种类组成和数量分布

在香港维多利亚港 8 个取样站共鉴定大型底栖生物 40 种, 其中多毛类 25 种, 软体动物 4 种, 甲壳动物 7 种, 鱼类 4 种. 主要种类的分布如下: VS1 站以个体较大的多齿全刺沙蚕 (*Necrotoneanthes multignatha*) 为优势种, 奇异稚齿虫 (*Paraprionospio pinnata*) 的密度次之. VS2 和 VS4 两站基本仅以小头虫 (*Capitella capitata*) 构成. VS3 站菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 密度最高, 多齿全刺沙蚕、小头虫、细丝鳃虫 (*Cirratulus filiformis*) 和西格织纹螺 (*Nassarirus siquinjorensis*) 密度也均在 60 个/ m^2 以上. VS5 和 VS6 两站以小个体的螺螄蜚 (*Corophium* sp.) 密度最高, 小头虫、须小海稚虫 (*Minusprio cirrifera*, 有学者称之为 *Prionospio cirrifera*) 和弦毛内卷齿蚕 (*Aglaophamus lyrochaeta*) 密度也均在 40 个/ m^2 以上. VM8 和 WM2 两站分别以独毛虫 (*Tharyx* sp.) 和背蚓虫 (*Notomastus latericeus*) 为最高密度, 但其密度仅分别为 25 个/ m^2 和 30 个/ m^2 .

1995 年 3 月调查数据表明, 靠近机场的 VS2 和 VS4 两站大型底栖生物仅各 2 种, 小头虫密度分别为 250 个/ m^2 和 400 个/ m^2 , 分别占这两站密度的 98% 和 99%, 但其生物量低, 分别为 0.65g/ m^2 和 1.95g/ m^2 . 其余取样站底栖生物均在 6 种以上, 生物量在 1.20~35.05g/ m^2 之

样两次, 底质在甲板上用 1mm 套筛进行淘洗, 生物样品和通不过套筛的底质以 5% 中性甲醛固定, 然后带回实验室在解剖镜下鉴定和计数. 标本以 70% 酒精保存. 多毛类以每个头部算一个, 其余的残断不计个数. 生物样品湿重精确到 0.01g, 不足 0.01g 者以 0.01g 计.

各取样站位之间的聚类分析先算出各站之间的连接距离 (Linkage distance). 然后用 Clifford 和 Stephenson^[4] 的聚类方法聚群. 丰度

间, 密度在 $70 \sim 965$ 个/ m^2 之间(表 1). 8 个取样站的平均生物量和密度分别为 $11.14g/m^2$ 和 297.5 个/ m^2 .

表 1 香港维多利亚港各取样站底栖生物密度等参数

时间	1995 年 3 月								1995 年 8 月							
站位号	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VM8	WM2	平均	VS2	VS3	VS5	VS6	VM8	平均	总平均
密度	115	255	315	405	150	965	70	95	296.3	165	355	505	240	45	262.0	279.2
生物量	25.30	0.65	35.05	1.95	2.40	20.25	1.20	1.80	11.08	0.45	168.9	46.80	22.10	0.70	47.97	29.4
种数	9	2	12	2	7	11	6	10	29	3	13	13	5	5	25	40
<i>H</i>	2.539	0.139	2.742	0.096	2.075	2.369	2.299	2.458	1.84	0.931	2.492	2.381	1.315	1.880	1.800	1.820
<i>J</i>	0.891	0.139	0.765	0.096	0.739	0.685	0.889	0.740	0.618	0.587	0.405	0.643	0.489	0.810	0.587	0.602
<i>D</i>	2.717	0.254	2.655	0.228	1.764	1.897	1.895	3.056	1.808	0.572	2.815	2.600	1.033	1.820	1.768	1.788

1995 年 8 月的结果基本上与 3 月份的相近, 靠近机场的 VS2 站采到底栖生物 3 种, 仍然以小头虫占绝对优势, 密度占 75.8%, 须小海稚虫密度也达 35 个/ m^2 , 占 21.2%. VS5 和 VS6 仍以螺赢蜚为密度优势种, 须小海稚虫分别为 150 个/ m^2 和 40 个/ m^2 . 5 个取样站的平均生物量和密度分别为 $45.69g/m^2$ 和 247.0 个/ m^2 (表 1) 其平均生物量比 3 月份高而密度低主要是菲律宾蛤仔数量增加.

聚类分析(3 月份数据)表明, VS2 和 VS4 两站首先聚类, 然后与 VS3 站聚类, 再 VS1、VS5、VS6、VM8 和 WM2 5 站聚合(图 2). 这种聚合表明 8 个取样站之间底栖生物群落在种类组成上的差异, 与上述优势种分布的结果是一致的. 孙道元、陈木^[5]根据青岛湾生态调查结果表明, 在受有机污染严重的区域, 底栖动物组成趋向简化, 小头虫大量繁殖. 何明海^[6]、李荣冠、江锦祥等^[7,8]根据厦门西港、九龙江口底栖动物调查结果, 发现在受有机污染影响较大的区域, 多毛类

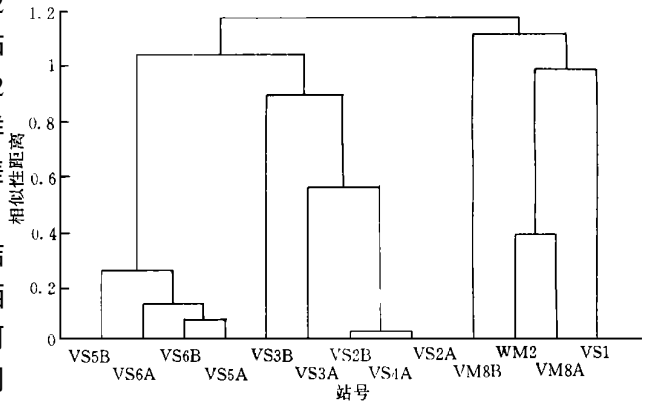


图2 香港维多利亚港各取样站底栖生物类组成相似度聚类图

种类和数量都比较丰富, 蔡立哲等^[9]报道, 闽江口底质受扰动的取样站未发现个体较大的底栖动物, 而是采到个体较小的端足类、奇异稚齿虫等. Thompson 和 Shin^[12]在 VS2 和 VS4 附近区域测到的有机碳在 2% 左右. 由此可见, VS2 和 VS4 两站有机质污染在 70 年代末已相当严重.

2.2 各聚样站的种类多样性指数、均匀度指数和丰度指数

3 月份, 靠近机场的 VS2 和 VS4 两站的底栖生物种类多样性指数(*H*)、均匀度指数(*J*)和种类丰度指数(*D*)低, 与 VS1 站相比低 5~10 倍(表 1). 这是因为 VS2 和 VS4 两站底栖生物种类贫乏, 有机耐污种小头虫占绝对优势, 而 VS1 站由个体较大的多齿全刺沙蚕为优势种,

还有鼓虾(*Alpheus* sp.) 等多种种类. 8 月份 VS2 站的底栖生物多样性指数也比其余取样站低, 为 0.931.

Thompson 和 Shin^[2] 的种类多样性指数平均值为 1.99, 与我们的 1.82 相近. 但 Thompson 和 Shin^[2] 的均匀度指数平均值为 0.74, 比我们的 0.60 高, 这可能与他们的取样站多有关, 取样站多, 获得的种类也多.

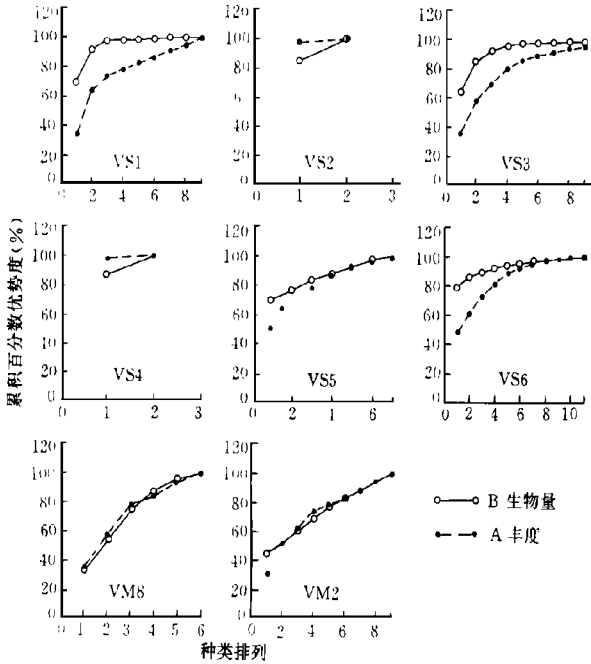


图3 香港维多利亚港底栖生物群落 K -优势度复合曲线
生物群落处于近似平衡的状态.

2.4 群落的维持和变化

3 月份与 8 月份相比, 优势种不变, 但数量上有所差异. 小头虫、多齿全刺沙蚕、弦毛内卷齿蚕和螺赢蜚密度降低, 而菲律宾蛤仔和须小海稚虫密度增高(图 4).

1979 年, Thompson 和 Shin^[2] 将 66 个取样站分成 5 个站组进行分析. 根据站位比较, 我们的 VS4、VS6、VM8 和 WM2 4 站属于他们的第 2 站组, 站 VS2 属于第 4 站组, VS1、VS3、和 VS5 站属于第 1 站组. 优势种小头虫、须小海稚虫、奇异稚齿虫、

内卷齿蚕和菲律宾蛤仔与 Thompson 的优势种相同, 而不同的是我们发现密度较高的螺赢蜚,

2.3 各取样站的 K -优势度复合曲线

在稳定的海洋环境中, 底栖生物群落结构近似平衡, 群落的生物量由 1 个或几个大型的种占优势, 且每个种有几个个体. 当群落失去平衡时, 在数量上占优势的种是随机的较小的种, 可以用生物量和丰度 K -优势度复合曲线来表明污染程度^[4]. VS2 和 VS4 两站的底栖生物群落已失去平衡, 小头虫密度高, 丰度曲线位于生物量上方(图 3). VS5、VS6、VM8 和 WM2 4 站丰度曲线与生物量曲线交叉或重叠, 表明上述 4 站的底栖生物群落已缺乏大个体种类, 底质受到中度污染. VS1 和 VS3 两站的丰度曲线位于生物量曲线下方, 表明底栖

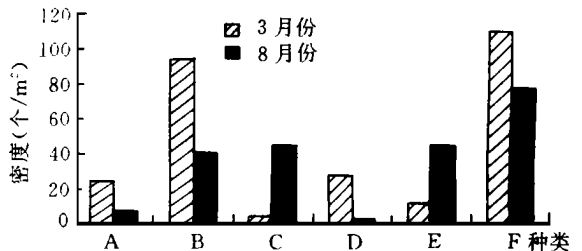


图4 香港维多利亚港底栖生物优势种
平均密度(个/ m^2)的季节变化

A. 多齿全刺沙蚕 B. 小头虫 C. 须小海稚虫
D. 内卷齿蚕 E. 菲律宾蛤仔 F. 螺赢蜚

而寡毛类郭氏海蚓 *Thalassodrilides gurwitschi* 我们未发现, 因为它主要分布在港的西北部近岸处, 在我们的取样站之外. 但可以认为, 我们获得的优势种与 Thompson 的基本相同. 从类群比例看, 目前多毛类比例比 16 年前有所增大, 如 Thompson 等^[2] 1979 年的调查表明多毛类平均密度占总密度的 54.4%, 而我们的调查表明, 多毛类平均生物量占总生物量的 59.6%, 平均密度占总密度的 69.5%, 种数占 62.5%.

2.5 各取样站生境及污染强度对比

维多利亚港各取样站底栖生物群落结构及污染强度的差异, 显然与其生境和水动力条件息息相关. VS2 和 VS4 两站位于小凹湾内, 水体与外界的交流较差, 污染物沉积于港底, 有机碳含量高, 底质颗粒细, 两站的底质全部透过 1mm 套筛. Thompson 和 Shin^[2] 报道机场附近水域的粘泥含量为 80% ~ 100%, 因此, 这两站的底栖生物群落种类贫乏, 基本仅由有机耐污种小头虫构成, 污染相当严重. VS5、VS6、VM8 和 WM2 4 站分别位于港的西部和中部, 处于中度污染状态, 这是因为上述 4 站的区域在潮汐流的作用下^[10~12], 水流比较畅通, 因而一些具鳃的多毛类和管栖甲壳类密度较高, 如须小海稚虫、弦毛内卷齿蚕、独毛虫和螺赢蜚等. Thompson 和 Shin^[2] 报道上述 4 站所处的区域有机碳含量在 1% ~ 2% 之间, 粘土含量 60% ~ 80%. 张珞平等^[12] 通过计算得出, 每日输入港内的污染物约有 80% ~ 86% 通过水动力作用迁出港区. VS1 和 VS3 两站处于东部港口, 潮汐流作用强, 底质颗粒较粗, 粘泥含量仅 0% ~ 20%, 有机碳含量低, 小于 1%, 因此, 较大个体的多齿全刺沙蚕和鼓虾常在这区域发现, 底栖生物群落处于近似平衡状态, 底质相对较好.

从种类组成看, 污染负荷最重的是有机质, 这主要来自工业和生活废水. 据估计, 每天有近 200 万 t 的工业和城市废水通过 19 条污水管道和 77 条排洪沟进入港内及其周围海区. 除了上述小头虫、须小海稚虫、奇异稚齿虫和甲壳类的螺赢蜚等被认为是有机耐污种外, 菲律宾蛤仔也被认为是耐污种, 如范振刚^[13] 通过青岛胶州湾沧口潮间带调查和比较研究, 发现该潮间带 1974 ~ 1975 年调查时为 14 种优势种, 因长期受青岛市工业废水排放的影响, 1980 ~ 1981 年只剩下菲律宾蛤仔一种优势种.

从化学测定结果看, 其他污染物也不同程度存在, 如庄峙厦等^[14] 报道, 铜、铅和镉在维多利亚港沉积物中的地球化学相态总量均较高, 说明港湾已受到这 3 种重金属的严重污染. 张珞平等^[15] 测出维多利亚港避风坞内沉积物的 DDT 含量较高, 受 DDT 中度污染; 港内 DDTs 的含量均在近岸沉积物的一般范围内(表 2), 港内表层沉积物仅受 DDT 的轻度污染. 我们在

表 2 香港维多利亚港各取样站底质六六六(DDTs)

	多氯联苯(PCBs)和重金属含量							
	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VM8	WM2
DDTs	13.1	25.4	14.7	11.6	5.1	6.5	4.0	7.7
PCBs	10.0	16.0	6.8	14.0	5.6	11.0	4.3	6.2
Cu	312.6	921.9	353.5	633.7	86.1	176.5	63.3	45.2
Pb	47.36	70.15	56.63	70.80	34.02	47.44	68.29	48.07
Zn	171.2	258.8	165.9	189.7	77.9	154.1	129.2	98.0
Cr	135.8	170.7	100.8	120.5	30.3	74.0	116.8	57.7

(单位: mg/kg)

VS2 和 VS4 测得的沉积物重金属含量和张珞平等^[15]在站 VS2 和 VS4 测定的沉积物的 PCBs 含量均较高(表 2). 贾树林等^[16]报道, 受汞、铜、镉严重污染的锦州湾南滩出现无生物带. 香港维多利亚港小凹湾内重金属含量较高, 底栖动物种类贫乏, 可能也与重金属污染有关.

3 小结

香港维多利亚港小凹湾内的底栖生物群落种类贫乏, 有机质耐污种小头虫密度高, 表明底质污染相当严重; 港的西部和中部底栖生物群落由多种组成, 但耐污种螺赢蛭、须小海稚虫和小头虫等密度较高, 表明底质受到中度污染; 在东部的出口处, 底栖生物群落大小个体比例处于近似平衡状态, 底质相对较好. 丰度生物量比较也反应了上述状态.

维多利亚港的污染从 70 年代末已开始. 其特点表现在严重污染区域底栖生物小型化、沉积颗粒细、有机碳含量高和水交换差. 根据种类分析, 污染负荷最重的是有机质, 也存在重金属污染.

本研究承蒙香港环保署杨雄耀博士和 Tony 博士的关心和支持, 厦门大学环境科学研究中心卢昌义教授、香港环保署 Kent 及其船员帮助采集标本, 厦门大学海洋系王军副教授帮助鉴定鱼类标本, 厦门大学环境科学研究中心彭兴跃博士帮助进行聚类计算, 特此一并致谢.

参考文献

- 1 Shin P K S and G B Thompson. Spatial distribution of the infaunal benthos of Hong Kong. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1982, 10, 37~42
- 2 Thompson G B and P K S Shin. Sewage pollution and the infaunal benthos of Victoria Harbour, Hong Kong. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1983, (67): 279~299
- 3 Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 1986, (92): 557~562
- 4 Clifford H T and W Stephenson. *An introduction to numerical classification.* Academic Press, New York, 1975, 229.
- 5 孙道元、陈木. 小头虫作为有机质污染指示生物的调查研究. *环境科学*, 1978, 1, 17~19
- 6 何明海等. 厦门西港底栖生物的生态. *台湾海峡*, 1988, 7(2): 189~194
- 7 李荣冠, 江锦祥. 厦门西站海域大型底栖生物群落变化. *台湾海峡*, 1989, 8(2): 144~149
- 8 李荣冠, 江锦祥. 应用丰度生物量比较法监测海洋污染对底栖生物群落的影响. *海洋学报*, 1992, 14(1): 108~114
- 9 蔡立哲等. 闽江口潮下带大型底栖生物群落生态特点, 纪念陈桢教授诞生一百周年论文集. 中国科学技术出版社, 1994, 283~289
- 10 Morton B. Pollutions of the coastal waters of Hong Kong. *Mar. Poll Bull.*, 1989, 20(7): 310~318
- 11 Morton B. Pollution and the subtropical inshore hydrographic environment of Hong Kong. *The Marine Flora and Fauna of Hong Kong and Southern China II* (Brian Mortoned.), Hong Kong University Press, 1992, 3~30
- 12 张珞平, 洪华生, 庄峙厦. 香港维多利亚港的环境状况评述. *海洋通报*, 1994, 13(6): 75~79
- 13 范振刚. 胶州湾潮间带污染生态学的研究. *海洋科学*, 1982, (6): 39~41
- 14 庄峙厦等. 香港维多利亚港沉积物 Cu、Pb、Cd 在各地球化学相中的分布特征. *厦门大学学报(自然科学版)*, 1994, 33(6): 832~837
- 15 张珞平, 洪华生, 庄峙厦. 香港维多利亚港表层沉积物有机氯农药和 PCBs 的含量和分布. *厦门大学学报(自然科学版)*, 1994, 33(5): 731~733
- 16 贾树林等. 排污对锦州湾大型底栖动物生态的影响. *海洋环境科学*, 1982, 1(2): 79~87