

珠江口海洋疏浚物倾倒区及附近海域大型底栖生物群落健康评价

张敬怀^{1,2}, 李小敏¹, 方宏达¹, 白洁²

(1. 南海环境监测中心, 广东 广州 510300; 2. 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 2006 年 3 月和 7 月分别对珠江口疏浚物倾倒区附近的大型底栖生物进行了调查。对比分析了倾倒区内外大型底栖生物种类数、丰度、生物量、优势种和种类多样性指数的差异。结果表明, 海洋倾倒可能使倾倒区内大型底栖生物种类、丰度、生物量和种类多样性降低, 但对海区优势种的影响较小。AMBI 和 BENTIX 指数评价结果认为倾倒区内底栖生物受到轻微干扰, 倾倒区附近海域大型底栖生物群落在 3 月受干扰程度较 7 月大。丰度生物量比较(Abundance/biomass comparison, 简称 ABC)曲线分析结果认为倾倒区内大型底栖生物群落受到海洋倾倒活动轻微或中等程度的干扰。

关键词: 珠江口; 大型底栖生物; 群落; 海洋倾倒区

中图分类号: X826 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2010)05-0119-06

Assessment of macrobenthic community health at the Pearl River Estuary ocean dumping site

ZHANG Jing-huai^{1,2}, LI Xiao-min¹, FANG Hong-da¹, BAI Jie²

(1. South China Sea Environmental Monitoring Center, Guangzhou 510300, China; 2. College of Environmental science and engineering, Ocean university of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Macrobenthos was investigated at the Pearl River Estuary ocean dumping site in March and July 2006. Differences in species quantity, abundance, biomass, the dominant species and species diversity index of macrobenthos were analyzed inside and outside the dumping site. The results showed that the ocean dumping may have decreased species quantity, abundance, biomass and species diversity of macrobenthos. AMBI and BENTIX indices revealed that macrobenthic communities indicated slight interference at the ocean dumping site. Macrobenthic communities showed greater interference in March than in July. ABC (Abundance/biomass comparison) revealed that macrobenthic communities had slight or moderate interference at the ocean dumping site.

Key words: Pearl River Estuary; macrobenthos; community; ocean dumping site

人类利用海洋空间资源处置废弃物已有 100 多年历史, 疏浚物是海洋倾倒废弃物中数量最大的一类, 占每年向海洋倾废废物的 80%—90%^[1]。珠江口是我国经济最发达的区域之一, 海上航运发达, 每年有大量的航道疏浚物需要处置。珠江口深圳铜鼓航道临时性海洋倾倒区(本文中简称珠江口海洋倾倒区)是国家海洋局 2005 年批准的疏浚物海洋倾倒

区, 位于珠江口万山群岛和佳蓬列岛之间。根据国家海洋局统计到 2006 年底海洋倾倒量已超过 1200 万方, 现在仍在继续使用, 海洋倾倒物主要为疏浚废物。大型底栖生物是海洋生物的重要组成部分, 生活在海洋底层, 运动能力较弱、地域性强, 回避污染的能力弱, 对于环境污染具有较好的指示作用。本文将研究海洋倾倒对大型底栖生物的影响, 为合理利用

收稿日期: 2008-11-05; 修订日期: 2009-04-24。刘学东编辑

基金项目: 国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室开放基金资助项目(200809); 国家海洋局南海分局局长基金(0883)

作者简介: 张敬怀(1980—), 男, 陕西省蒲城县人, 工程师, 从事海洋生态学研究。E-mail: zhangjinghuai@sohu.com

海洋、保护海洋生态环境提供科学依据。

1 调查研究方法

调查时间为 2006 年的 3 月(枯水期)和 7 月(丰水期)。调查区域位于珠江入海口东南附近海域(图 1)。

大型底栖生物采集每站用 0.1m^2 的表层采泥器重复取样 2 次(以 2 次成功采样为准),将泥样用孔径为 0.5mm 套筛冲洗去泥。所获生物样品用 5% 的福尔马林溶液固定,具体操作按《海洋监测规范》处理。

优势种的确定采用物种的优势度 (Y)^[2],公式如下: $Y = \frac{n_i}{N} f_i$, 式中: n_i 为群落中第 i 种的丰度, f_i 为该种的出现频率, N 为总丰度。当 $Y > 0.02$ 时,该种为优势种。

多样性指数采用香农-威纳多样性指数 (Shannon-Wiener index) (H')、种类均匀度指数 (J') 和种类丰富度指数 (D) 分析。公式如下: $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i)$ 、 $J' = H' / \log_2 S$ 、 $D = (S-1) / \log_2 N$, 公式中的 P_i 为测站第 i 种的丰度与样品丰度的比值, S 为测站中的样品的总种类数, N 为样品的总丰度。

底栖生物群落健康状况采用丰度生物量比较法 (Abundance/biomass comparison, 简称 ABC)^[3-5]、AITI 海洋生物指数 (AITI marine biotic index, 简称 AMBI)^[6] 和底栖生物指数 (Benthic index, 简称 BENTIX)^[7]。丰度生物量比较法利用英国普利茅斯海洋研究所研发的 PRIMER 软件实现。AMBI 和 BENTIX 指数计算公式如下: $\text{AMBI} = [(0 \times \% \text{GI}) + (1.5 \times \% \text{GII}) + (3.0 \times \% \text{GIII}) + (4.5 \times \% \text{GIV}) + (6.0 \times \% \text{GV})] / 100$, $\text{BENTIX} = (6 \times \% \text{GS} + 2 \times \% \text{GT}) / 100$ 。公式中 $\% \text{GI}$ 为干扰敏感型生物的相对丰度, $\% \text{GII}$ 为

干扰不敏感型生物的相对丰度, $\% \text{GIII}$ 为干扰容忍型生物的相对丰度, $\% \text{GIV}$ 为次处理类型生物(能生活在轻微环境失衡状态下的生物)的相对丰度, $\% \text{GV}$ 为优先处理类型生物(能生活在严重环境失衡状态下的生物)的相对丰度, $\% \text{GS} = \% \text{GI} + \% \text{GII}$, $\% \text{GT} = \% \text{GIII} + \% \text{GIV} + \% \text{GV}$ 。

2 结果

2.1 倾倒地附近海域的沉积物特征及对照点的选择

2006 年 7 月调查了倾倒地内外各站水深及沉积物特征(表 1)。结果表明,倾倒地附近海域的沉积物组成以粉砂和粘土为主,但个别区域也存在明显差别, Z1 站沉积物中砂含量最高。根据倾倒地内外各站沉积物特征、水深及地理位置的相似性,选择 Z2 站、Z4 站和 Z5 站作为倾倒地内各站的对比站,分析倾倒地内外大型底栖生物群落的差异。

2.2 倾倒地内外大型底栖生物种类组成及数量比较

倾倒地内外大型底栖生物种类数、丰度、生物量及优势种的统计分析结果见表 2 和表 3。结果表明,倾倒地内大型底栖生物种类数明显低于倾倒地外。3 月倾倒地内外均以多毛类种类最多; 7 月倾倒地外多毛类种类最多,但倾倒地内甲壳动物种类最多。倾倒地内外优势种相比较,相同季节海区的优势种基本相同,不同季节海区优势种变化较大。

倾倒地内丰度低于倾倒地外, 3 月和 7 月倾倒地内丰度均比倾倒地外低约 1.5 倍。3 月倾倒地内外均以多毛类丰度最高,占海区平均丰度的比例超过 80%。7 月倾倒地内外丰度的主要种类组成有所差异,倾倒地外多毛类丰度最高,而倾倒地内甲壳动物丰度最高。

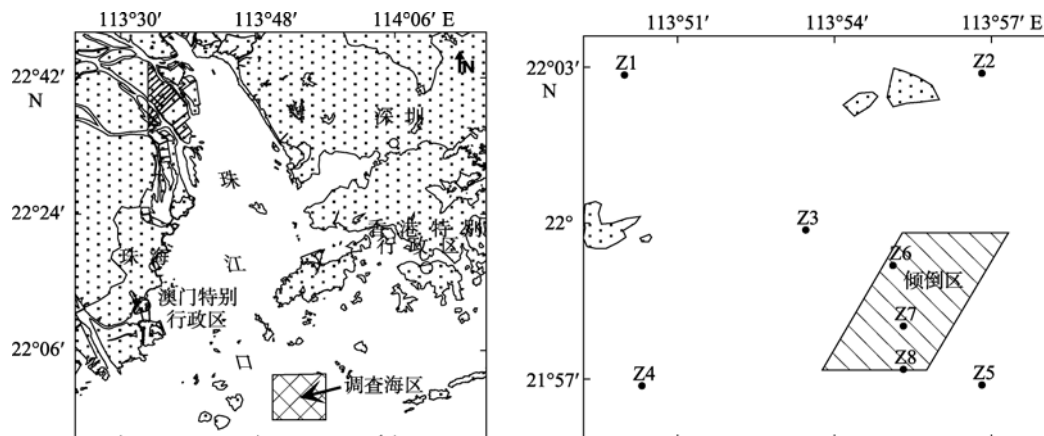


图 1 调查区域及站位示意图

Fig. 1 Sketch map of sampling stations

表 1 水深及沉积物特征

Tab. 1 Water depth and characteristics of sediment

站号	水深	沉积物类型	砂/%	粉砂/%	粘土/%	平均粒径
Z1	18.0	粉砂-砂	49.1	36	14.9	4.16
Z2	25.0	粘土质粉砂	12.4	58.4	29.2	6.94
Z3	25.0	粘土-砂-粉砂	27.4	45.3	27.3	6.50
Z4	27.0	粘土质粉砂	12.3	57.3	30.4	7.01
Z5	31.0	粘土质粉砂	3.8	63.1	33.1	7.21
Z6	28.0	粘土质粉砂	6.7	64.9	28.4	7.01
Z7	28.0	粘土质粉砂	4.9	65.0	30.1	7.09
Z8	31.0	粘土质粉砂	4.1	65.4	30.5	7.13

表 2 倾倒区内外大型底栖生物种类数、丰度及生物量

Tab. 2 Species quantity, abundance and biomass of macrobenthos inside and outside the ocean dumping site

项目	时间	站号	多毛类	棘皮动物	甲壳动物	软体动物	其他类	合计
种类数	3 月	倾倒区外	44	1	13	2	2	62
		倾倒区内	33	2	11	0	2	48
	7 月	倾倒区外	33	4	14	10	5	66
		倾倒区内	15	1	16	2	3	37
丰度/(ind·m ⁻²)	3 月	倾倒区外	590.0	5.0	30.0	3.3	53.3	681.7
		倾倒区内	380.0	5.0	36.7	0.0	45.0	466.7
	7 月	倾倒区外	198.3	15.0	86.7	23.3	56.7	380.0
		倾倒区内	70.0	5.0	100.0	5.0	48.3	228.3
生物量/(g·m ⁻²)	3 月	倾倒区外	2.878	0.498	1.142	0.078	0.097	4.693
		倾倒区内	1.417	0.948	1.458	0.000	0.108	3.932
	7 月	倾倒区外	4.803	15.365	8.707	1.617	0.600	31.092
		倾倒区内	2.093	0.148	4.555	1.583	0.798	9.178

表 3 倾倒区内外大型底栖生物优势种的密度(单位: ind·m⁻²)及优势度

Tab. 3 Density (ind·m⁻²) and dominant degree (Y) of macrobenthic species inside and outside the ocean dumping site

优势种	3 月				7 月			
	倾倒区外		倾倒区内		倾倒区外		倾倒区内	
	密度	Y	密度	Y	密度	Y	密度	Y
昆士兰稚齿虫 <i>Prionospio (Prionospio) queenslandica</i>	100	0.049	20	0.014	15	0.004	0	0.000
异毛蚓虫 <i>Parheteromastus</i> sp.	585	0.286	320	0.229	25	0.015	5	0.002
独指虫 <i>Aricidea</i> sp.	80	0.026	185	0.132	5	0.003	0	0.000
白毛虫 <i>Pilargis</i> sp.	180	0.088	70	0.050	5	0.001	0	0.000
鳞虫 <i>Chaetopterus</i> sp.	0	0.000	0	0.000	135	0.118	40	0.039
杰氏内卷齿蚕 <i>Aglaophamus jeffreysii</i>	20	0.007	35	0.025	60	0.053	30	0.044
多齿全刺沙蚕 <i>Nectoneanthes multignatha</i>	5	0.001	5	0.001	80	0.047	20	0.029
毛头梨体星虫 <i>Apionsoma trichocephala</i>	140	0.068	95	0.068	110	0.096	115	0.168

倾倒区内生物量低于倾倒区外, 其中 7 月倾倒区内生物量比倾倒区外低 3 倍多。生物量的主要种类组成差异较大, 3 月倾倒区外多毛类生物量最高, 而倾倒区内甲壳动物生物量最高; 7 月倾倒区外棘皮动物生物量最高, 而倾倒区内甲壳动物生物量最高。最高生物量的生物种类随机性比较强, 这种现象的出现与生物量可能受到一两个大个体生物

的影响有关, 如 7 月倾倒区外扁拉文海胆 *Lovenia subcarinata* 和凹裂星海胆 *Schizaster lacunosus* 虽然各采集到 1 个, 但对海区生物量平均值影响较大。

2.3 倾倒区内外大型底栖生物群落多样性比较

倾倒区内外大型底栖生物种类多样性指数见表 4。结果表明, 倾倒区内生物多样性较倾倒区外低。

表 4 倾倒地内外大型底栖生物多样性指数

Tab. 4 Diversity index of macrobenthos inside and outside the ocean dumping site

调查区域	3 月			7 月		
	H'	J'	D	H'	J'	D
倾倒地外	4.10±0.28	0.83±0.10	6.53±1.15	4.42±0.42	0.90±0.03	7.19±1.48
倾倒地内	3.99±0.19	0.84±0.06	6.02±1.38	3.97±0.34	0.89±0.07	5.42±0.45

2.4 大型底栖生物群落生物指数

采用 AMBI 和 BENTIX 生物指数评价倾倒地内外生态环境质量状况,评价标准见表 5,评价结果见表 6。AMBI 和 BENTIX 指数评价结果认为 2006 年 3 月倾倒地外的 Z2 站底栖生物群落受到中等干扰,其他站底栖生物群落受到轻微干扰。AMBI 指数认为 7 月 Z2 站、Z6 站和 Z7 站底栖生物群落受到轻微干扰,其他站底栖生物群落未受干扰;BENTIX 指数认为 7 月各站底栖生物群落未受干扰。倾倒地内生态环境质量相对较好,受污染较轻。倾倒地内外不同季节受干扰程度相比较,3 月底栖生物群落受干扰程度较 7 月大。

2.5 大型底栖生物丰度生物量比较曲线

大型底栖生物丰度生物量比较曲线见图 2。由图可知,3 月倾倒地内外各站大型底栖生物群落受干扰不明显,但倾倒地中部的 Z6 站丰度生物量曲线在起始位置较为接近,说明该站大型底栖生物可能受轻微干扰。7 月倾倒地外各站大型底栖生物群落未

受人类活动的干扰,倾倒地内北部的 Z6 站丰度生物量曲线在前段出现交叉现象,说明该站大型底栖生物群落处于中等干扰状态,倾倒地内其他站大型底栖生物群落受干扰不明显。

3 讨论

2006 年 3 月和 7 月珠江口海洋倾倒地内生物种类数、丰度、生物量和生物多样性指数均较倾倒地外低,与其他学者关于海洋倾倒地对于大型底栖生物的影响研究结果基本相同^[8-12],说明海洋倾倒地对大型底栖生物产生的影响显著。海洋疏浚倾倒地对底栖生物的影响主要有以下几个方面^[13]: 1)物理影响。倾倒地活动可能改变倾倒地区的地形地貌、海流特征,致使悬浮物增加,掩埋生物和作业时产生的扰动等。2)化学影响。疏浚物中的污染物溶出对生物产生危害。3)生物影响。疏浚泥中的生物与倾倒地内生物竞争,在河口区海洋倾倒地可能会改变生物对于盐度的适应范围,此项研究国内外现在还未见报道。通

表 5 生态质量状态等级及用于分类评价指数的阈值

Tab. 5 Ecological quality (EcoQ) status classes and thresholds used to classify index values.

生态环境质量	ABMI	BENTIX	生物群落受干扰程度
高	0.0<ABMI≤1.2	4.5≤BENTIX≤6	未受干扰
好	1.2<ABMI≤3.3	3.5≤BENTIX<4.5	轻微干扰
中等	3.3<ABMI≤4.3	2.5≤BENTIX<3.5	中等干扰
差	4.3<ABMI≤5.5	2.0≤BENTIX<2.5	重度干扰
坏(5.5<ABMI≤7.0	BENTIX=0	极端干扰

表 6 倾倒地内外 AMBI 指数、BENTIX 指数及生态质量状况

Tab. 6 AMBI, BENTIX and ecological quality inside and outside the ocean dumping site

时间	3 月				7 月			
	AMBI		BENTIX		AMBI		BENTIX	
站号	指数	生态质量	指数	生态质量	指数	生态质量	指数	生态质量
Z2	3.41	中等	3.44	中等	1.61	好	4.52	高
Z4	2.79	好	3.82	好	1.18	高	5.15	高
Z5	2.91	好	3.61	好	1.05	高	5.60	高
Z6	2.67	好	4.01	好	1.34	好	4.84	高
Z7	2.54	好	3.90	好	0.79	高	5.41	高
Z8	2.94	好	3.64	好	1.59	好	4.91	高

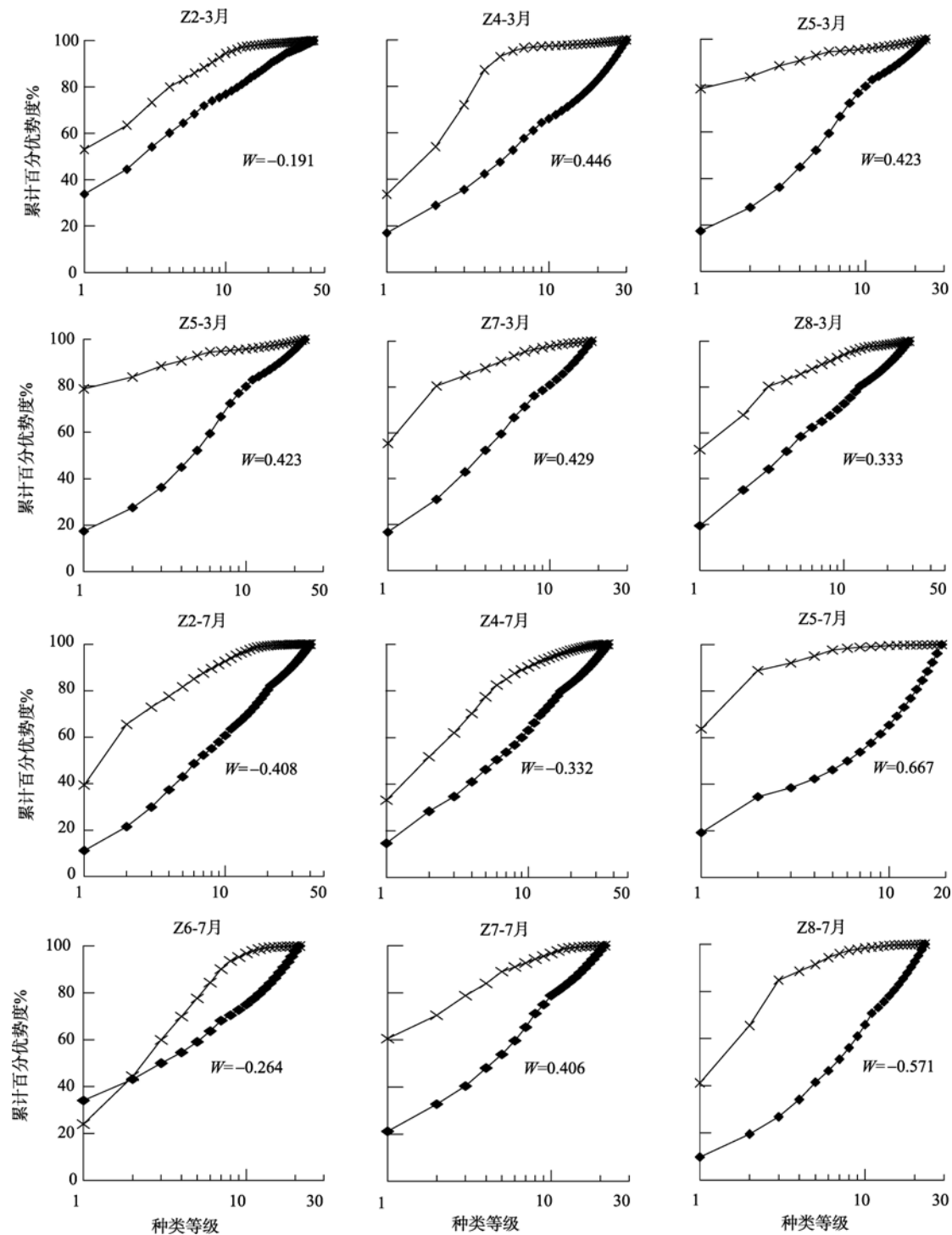


图 2 倾倒地内外各站大型底栖生物丰度生物量比较曲线

× 生物量、◆ 丰度

Fig. 2 ABC plots of macrobenthos inside and outside the ocean dumping site

过比较珠江口倾倒地内外沉积物类型的差异，认为海洋倾倒地对倾倒地内沉积物类型的改变较小。在海洋倾倒地过程中，初期的掩埋效应和海水混浊对底栖生物的干扰可能较大。调查发现珠江口海洋倾倒地内外沉积物有机碳、硫化物和重金属变化不明显，表明珠江口海洋倾倒的对底栖生物群落的化学影响较小。

AMBI 和 BENTIX 指数均认为 2006 年 3 月调查海区最北部的 Z2 站底栖生物群落受干扰最大，AMBI 和 BENTIX 指数对珠江口倾倒地内外各站评价结果基本相同。大型底栖生物丰度生物量比较曲线评价结果认为，3 月 Z6 站底栖生物群落受到轻微干扰，7 月倾倒地内 Z6 站底栖生物群落受到中等程度的干扰，其他各站底栖生物群落受到的干扰较轻。

大型底栖生物丰度生物量比较曲线与 AMBI 和 BENTIX 指数评价的结果不太一致。AMBI 和 BENTIX 指数是以底栖生物的生态习性为主, 对大型底栖生物群落受到的轻微污染较敏感。AMBI 和 BENTIX 指数需要分析者具有较高的生物基础, 而现在对于有些生物的生态习性还不是很清楚, 使用该指数评价底栖生物群落受干扰程度的难度较大, 在国内较少使用。大型底栖生物丰度生物量比较曲线以健康生物群落的丰度生物量分布特点为基础, 只需要分析者能将生物种类区分, 对于了解生

物的生态习性要求不高, 操作相对简便, 但该方法对于轻微污染不太敏感。

大型底栖生物丰度生物量比较曲线认为倾倒地北部的 Z6 站大型底栖生物群落受干扰程度均高于其他区域, 海洋倾倒地活动可能对海区环境产生一定影响, 致使大型底栖生物群落不稳定。该站距离珠江口的直线距离最近, 可能与每次倾倒地均从该站附近开始有关, 在海洋倾倒地过程中应合理规划倾倒地路线, 降低海洋倾倒地对海洋环境的持续干扰。

参考文献

- [1] 高专. 海洋倾废管理的现状和未来[J]. 交通环保, 1995, 4: 25-26.
- [2] 沈国英, 施并章. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] 周红, 张志南. 多元统计软件在生物群落研究中的应用[J]. 中国海洋大学学报, 2003, 33(1): 58-66.
- [4] WARWICK R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. Marine Biology, 1986, 92: 557-562.
- [5] 田胜艳, 于子山, 刘晓收. 丰度/生物量比较曲线法监测大型底栖动物群落受污染扰动的研究[J]. 海洋通报, 2006, 25(1): 92-96.
- [6] BORJA A, FRANCO F, PÉREZ V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments [J]. Mar Pollut Bull, 2000, 40: 1100-1114.
- [7] SIMBOURA N, ZENETOS A. Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a biotic index[J]. Mediterr Mar Sci, 2002, 3: 77-111.
- [8] 何明海. 塔角海洋倾倒地底栖生物生态[J]. 海洋通报, 1995, 14(6): 31-39.
- [9] 何明海, 黄英凯, 曾昭文, 等. 塔角海洋倾倒地环境调查[J]. 台湾海峡, 1995, 14(3): 249-260.
- [10] 王超, 张伶. 航道疏浚对珠江口附近海洋生态环境影响及预防措施[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(4): 58-61.
- [11] 戴明新. 湛江港 30 万吨级航道工程疏浚泥倾倒地对海洋生态环境的影响研究[J]. 交通环保, 2005, 26(3): 9-11.
- [12] 姜重臣, 刘蔚秋, 郑西来. 临时海洋倾倒地对所在海域及其周边环境的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2006, 45(2): 88-91.
- [13] 虞志英, 张勇. 疏浚物倾倒地对海洋环境影响的研究述评述[J]. 海洋与湖沼, 1999, 30(4): 461-464.