

Sediment Quality Analysis of the Sewage Pipeline in Quangang District, Quanzhou

Xuxu Zhu, Xian Wang, Yongzhi Deng

Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen
Email: zxx@stu.xmu.edu.cn

Received: Sep. 8th, 2013; revised: Sep. 22nd, 2013; accepted: Sep. 13th, 2013

Copyright © 2013 Xuxu Zhu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Based on the first-hand survey data about the sediment in sewage pipeline of Quangang District on August 2010, the analysis of variation tendency, correlation of main contaminants (organic carbon, sulfide, oils, Cr) and the assessment for sediment quality was done. The results showed: 1) According to pollution degree, Cr > organic carbon > oils > sulfide; 2) The content of organic carbon was positive correlating to the concentration of sulfide, while negative correlating to the concentration of oils and Cr in the horizon direction of pipeline; 3) Most contaminants coincide with the first-class standard of Marine Sediment Quality (GB18688-2002), whereas a few beyond that. The sediment quality condition was comparatively fine. However, the cleanout of pipeline was demanded urgently and timely.

Keywords: Quangang District; Sediment; Quality Analysis; Correlation; Heavy Metal

泉州市泉港区污水排海管道沉积物的质量分析

朱旭旭, 王 宪, 邓永智

厦门大学海洋学系, 厦门
Email: zxx@stu.xmu.edu.cn

收稿日期: 2013 年 9 月 8 日; 修回日期: 2013 年 9 月 22 日; 录用日期: 2013 年 9 月 13 日

摘 要: 根据 2010 年 8 月对泉港区污水排海管道沉积物的第一手检测资料, 对管道内的沉积物环境中的主要污染因子, 如: 有机碳、硫化物、油类、铬的变化趋势、相关性进行分析, 以及对研究海域的环境质量进行评价。结果表明, 各因子污染程度大致排序为铬 > 有机碳 > 油类 > 硫化物。在管道内的水平方向上, 有机碳和硫化物的含量呈正相关, 而与油和铬的含量呈现负相关。各污染因子大多符合 GB 18688-2002 海洋沉积物一类标准, 仅有部分站位出现超标情况, 该海域的沉积物质量状况较好, 但应该及时对污水排海管道进行清淤工作。

关键词: 泉港区; 沉积物; 质量分析; 相关性; 重金属

1. 引言

泉港区地处台湾海峡西岸经济区、福建省东海岸中部的湄洲湾南岸, 如图 1 所示, 地理坐标为东经 118°41'~119°01'、北纬 25°03'~25°15'。泉港区是目前福建省建设海峡西岸经济区的重要区域, 是福建省的石

化产业龙头基地和三大主枢纽港之一, 全区现有陆域面积 321 平方公里, 海域面积 105 平方公里。湄洲湾为半封闭性海湾, 处于南海暖流和浙闽沿岸流的交汇地带, 水域自然条件优越, 前人对该海湾水域水质环境曾进行过调查研究^[1-3]。然而, 泉港区作为湄洲湾沿

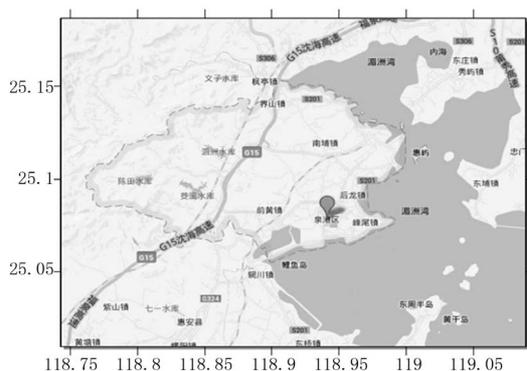


Figure1. Geographical location map of Quangang District, Quanzhou
图 1. 泉州市泉港区地理位置图

岸主枢纽港、国家级石化产业基地，其经济持续快速发展，其环境变化趋势却鲜为人所关注。事实上，石化产业为泉港区的发展提供了历史性的机遇，但同时大规模的石化产业也带来了高污染风险。本文根据第一手调查资料，对泉港区污水排海管道的沉积物质进行分析和评价，以便为当地今后的环境保护和海洋开发行为作为参考。

2. 材料与方法

2.1. 样品采集

本调查于 2010 年 8 月进行采样，以泉港区峰尾镇的湄洲湾氯碱有限公司排污口为研究对象，排污口位置如图 2 所示。

本调查在污水排海管道上开口采样，采样点(1#, 2#, 3#, 4#)分别分布在排污口中离岸距离为 400 m、1600 m、2700 m、2780 m 四处，前三处采样点(1#, 2#, 3#)在管道的内部，4#采样点在管道外(管道的出口离岸的长度约为 2700 米)。沉积物样品采集参照 GB 17378.3-2007《海洋监测规范，第 3 部分：样品采集、贮存和运输》^[4]。

2.2. 测定项目与分析方法

沉积物的测定项目主要有：有机碳、硫化物、油类、铬。以上项目分析方法按照 GB 17378.5-2007《海洋监测规范，第五部分：沉积物分析》^[5]执行。

2.3. 评价标准与方法

2.3.1. 评价标准

根据监测海域使用功能要求，沉积物质量采用

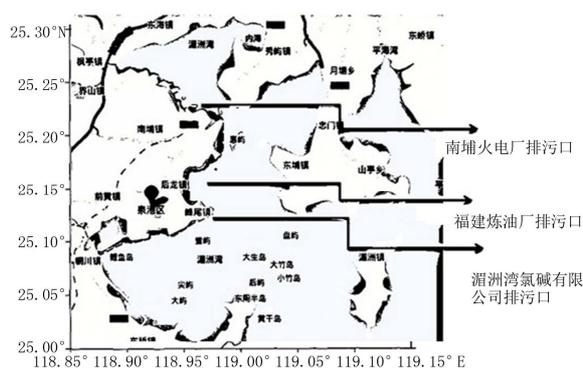


Figure 2. Distribution of sewage drains in Quangang District
图 2. 泉港区污水排污口分布

GB 18688-2002《海洋沉积物质量》^[6]标准来评价，如表 1 所示。

2.3.2. 评价方法

采用综合污染指数法^[7]对研究区域沉积物的质量进行评价。

该方法的评价模式可简述为：结合《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002)运用单因子评价法测定某个站点的某个污染因子的污染程度；并根据各个污染因子在各个站点对环境影响的程度不同，赋予各个污染因子相应的权重因子；最后，运用多因子评价法测定各个站点的环境污染总指数。

具体的计算公式如下：

(1) 单因子评价

采用单因子污染指数法对各个站点的各个污染因子进行评价。评价公式如下：

$$P_i = C_i / C_s \quad (1)$$

式中， P_i 为某一污染因子的污染指数；

C_i 为某一污染因子的实测浓度值；

C_s 为海洋沉积物质量标准中某一评价因子各类标准值的算术平均值。

(2) 多因子评价

多因子评价采用加权评价模式，即把各污染因子的污染指数乘以各因子的归一化权重值，再合成沉积物的环境污染总指数,然后进行评价。其计算公式如下：

$$P_{总} = \sum_{i=1}^m P_i \times V_i \quad (2)$$

式中， $P_{总}$ 为环境污染总指数；

Table 1. Part of indexes of “Marine sediment quality” (GB 18688-2002)

表 1. 《海洋沉积物质量》(GB 18668-2002)部分指标值

		有机碳/%	硫化物/ 10^{-6}	油含量/ 10^{-6}	铬/ 10^{-6}
国家标准 (沉积物)	一类	2	300	500	80
	二类	3	500	1000	150
	三类	4	600	1500	270

P_i 为某一污染因子的污染指数;

V_i 为某一评价因子的归一化权重值。

(3) 归一化权重值

归一化权重值代表着各个污染因子在研究区域内对环境质量影响程度的比重分配。其计算公式如下:

$$V_i = P_i / \sum_{i=1}^m P_i \quad (3)$$

式中, V_i 为某一评价因子的归一化权重值;

P_i 为某一污染因子的污染指数。

3. 结果与讨论

由沉积物样品检测数据(见下表 2)与国家标准沉积物质量比较可得: 研究海域沉积物主要的污染因子是有机碳、硫化物、石油类、铬, 部分站位铜、铅存在超标情况。因此, 在此主要分析有机碳、硫化物、石油类、铬这四项主要污染因子的污染指数(P_i)的分布以及找出它们相互之间的关系。

3.1. 各主要污染因子污染指数概况

沉积物浓度和污染指数见表 3。由表 3 可见, 四个采样点的各因子污染指数的数据中几乎全部>1 (除了 4#的硫化物和 1#的铬), 由此可见此区域污染较为严重。因 4#的 P 总最高, 故四个采样点中, 采样点 4 的污染最严重。由平均污染指数比较(有机碳为 2.566, 硫化物为 1.308, 油类为 3.447, 铬为 4.796), 由此对比可看出, 铬在四个采样点的相对污染程度最高, 污染程度大致排序为铬 > 有机碳 > 油类 > 硫化物。

3.2. 各主要污染因子污染指数水平分布情况

沉积物中有机碳含量变化范围介于 7.63%~17.82%

Table 2. Detection results of the main pollution factors of the sewage pipeline in Quangan District

表 2. 泉港区排海管道沉积物中主要污染因子检测结果

	站位				国家标准 (沉积物)			超标率		
	1#	2#	3#	4#	一类	二类	三类	一类	二类	三类
有机碳 %	10.54	10.19	7.63	17.82	2	3	4	100 %	100 %	100 %
硫化物 10^{-6}	1178	1135	795	553	300	500	600	100 %	100 %	75 %
油 10^{-6}	4502	4781	6790	4609	500	1000	1500	100 %	100 %	100 %
铜 10^{-6}	118.6	104.8	86.9	91.2	35	100	200	100 %	50 %	0 %
锌 10^{-6}	147	22	35	62	150	350	600	0 %	0 %	0 %
铅 10^{-6}	63	45	41	44	60	130	250	25 %	0 %	0 %
砷 10^{-6}	8.05	2.31	2.51	4.44	20	65	93	0 %	0 %	0 %
铬 10^{-6}	88.0	572.2	1934.4	2201.8	80	150	270	100 %	75 %	75 %

Table 3. Contamination indexes of the main pollution factors of the sewage pipeline in Quangan District

表 3. 泉港区排海管道沉积物中各污染因子的污染指数

	有机碳		硫化物		油类		铬		$P_{\text{总}}$
	数值/%	P_i	数值/ 10^{-6}	P_i	数值/ 10^{-6}	P_i	数值/ 10^{-6}	P_i	
1#	10.54	2.342	1178	1.683	4502	3.001	88.0	0.352	2.363
2#	10.19	2.264	1135	1.621	4781	3.187	572.2	2.289	2.473
3#	7.63	1.696	795	1.136	6790	4.527	1934.4	7.737	5.602
4#	17.82	3.960	553	0.790	4609	3.073	2201.8	8.807	6.217
平均值	11.54	2.566	915	1.308	5171	3.447	1199.1	4.796	

之间, 平均含量 11.54%, 调查期间沉积物有机碳含量全部超过第三类标准的要求, 有机物含量较高。由图 3 可知: (1)有机碳含量在离岸 500 m 至 1500 m 时, 含量变化不大; 在 1500 m 至 2700 m, 含量随离岸距离增加而减小, 且减小的趋势增大。究其原因: 沉积物中有机碳的含量主要受累积和扩散作用、微生物分解的影响。随着离岸的距离越来越远、离排污口的距离越来越近, 管道内的水体交换更加活跃, 有机碳的扩散作用和微生物的分解作用加强。(2) 在 2700 m 至 2780 m 之间, 有机碳含量急剧增加, 由 7.63% 迅速达到 17.82%。主要原因是采样点 4 布设在管道出口, 管道出口的沉积物因污水排放而长年累月地累计, 以致有机碳含量大且增大趋势明显。

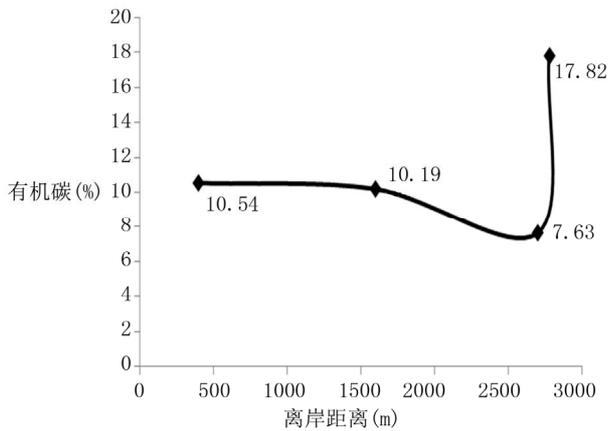


Figure 3. Distribution of organic carbon in sediment
图 3. 沉积物中的有机碳分布

沉积物中硫化物含量变化范围介于 553×10^{-6} ~ 1178×10^{-6} 之间, 平均含量 915×10^{-6} , 调查期间沉积物硫化物含量仅 4 号站(样品四)符合第三类标准的要求。由图 4 可知: (1) 硫化物含量随离岸距离的增加而减小, 且减小的趋势不断增加。这与硫化物的产生原理以及有机碳的变化趋势是息息相关的。有机碳的降解在消耗大量溶解氧的同时使氧化一还原电位(Eh)降低, 硫酸盐还原菌在缺氧环境中易将硫酸盐还原生成硫离子, 形成硫化物沉积^[8]。

石油类含量变化范围介于 4502×10^{-6} ~ 6790×10^{-6} 之间, 平均含量 5171×10^{-6} 。调查期间沉积物油含量全部超过第三类标准的要求。由图 5 可知: (1) 油含量随离岸距离的增加而富集, 且富集的速度在 1500 m 之后增大。沉积物中油含量主要和沉积物的颗粒形态相关, 油类在不同沉积物中的富集含量难易程度为细颗粒物>粗颗粒物^[9]。而在排污管道中, 污水中较粗颗粒物先沉降, 细颗粒物在较远处沉降, 由此离岸距离越来越远, 沉积物的颗粒大小慢慢减小, 对油类的吸附作用加强, 故油类含量在管道内随着离岸距离的增加而增加。(2) 油含量在 2700 m 至 2780 m 之间急速减小, 主要原因是采样点 4 在管道外。

铬的含量变化较大, 由图 6 所知, 变化范围在 88.0×10^{-6} ~ 2201.8×10^{-6} 之间, 平均含量 1199.1×10^{-6} 。(1) 调查期间, 监测海域沉积物中铅含量除 1 号站(样品一)符合第二类标准的要求外, 其余站位沉积物中铅含量均超过第三类标准要求。这与污水的组成是有很大关联的。湄洲湾氯碱有限公司排污口的污水主要来源于氯碱公司以及普安工业园区, 普安工业园区内的企业

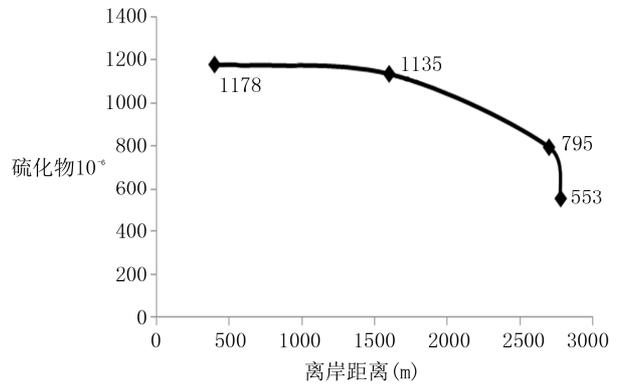


Figure 4. Distribution of sulfide in sediment
图 4. 沉积物中的硫化物分布

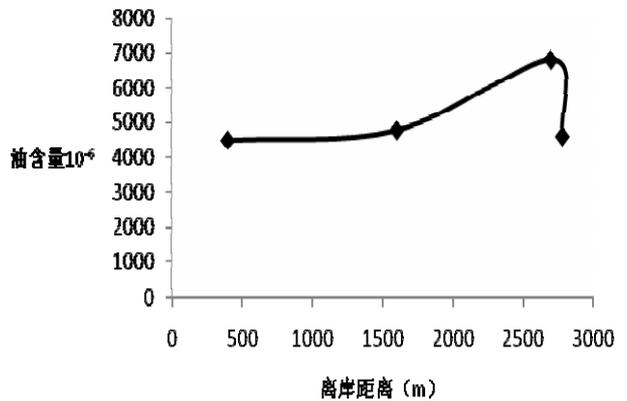


Figure 5. Distribution of oil in sediment
图 5. 沉积物中油的分布

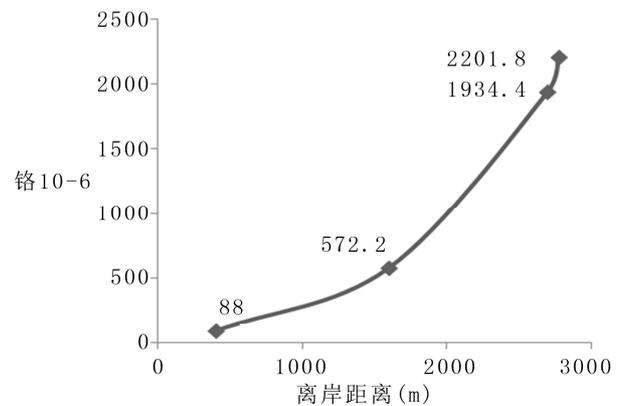


Figure 6. Distribution of Cr in sediment
图 6. 沉积物中铬含量分布

以皮革等石化下游产业为主, 生产过程中排放的废水不仅量大, 而且含有大量铬盐、石灰、蛋白质、油脂、氨氮、硫化物以及毛类、肉渣等有毒有害物质, 其中以铬盐最具毒性, 也较难处理。(2) 此外, 铬含量随着离岸的距离增加而增加, 且增加的趋势增大。其原因有待进一步研究。

3.3. 有机碳与硫化物、油类、铬浓度之间的相关性

从图 7 中我们可以看到, 在 400 m 至 2700 m 之间, w (硫化物)与 w (TOC)具有显著的正相关性。这与王文强等研究养殖区沉积物硫化物分布得出的结论一致, 即有机污染越严重硫化物含量越高^[10]。硫化物在 2780 m 处较 2700 m 处小, 且急剧变小, 这与有机碳的变化是完全相反的。究其原因, 是因为采样点 4 在管道外, 管道外水体中含有大量的生物量含量, 故有机碳含量高; 但同时水体又是富氧的, 不利于硫化物的产生, 所以硫化物的含量迅速减小。说明, 在相对大的水体中, 硫化物的含量不仅仅只是受有机碳含量的影响, 与生物量、含氧量等也是密切相关的^[8]。

油含量与有机碳含量呈现负相关关系。可能是因为有机碳的含量与沉积物类型是有关系的, 随着离岸距离越来越远, 有机碳由于扩散作用和微生物分解作用加强而减少, 有机碳被分解成更小的物质, 沉积物中的颗粒物变小, 更易于吸收油类。铬含量与有机碳含量呈现负相关关系。其原因有待进一步的研究。

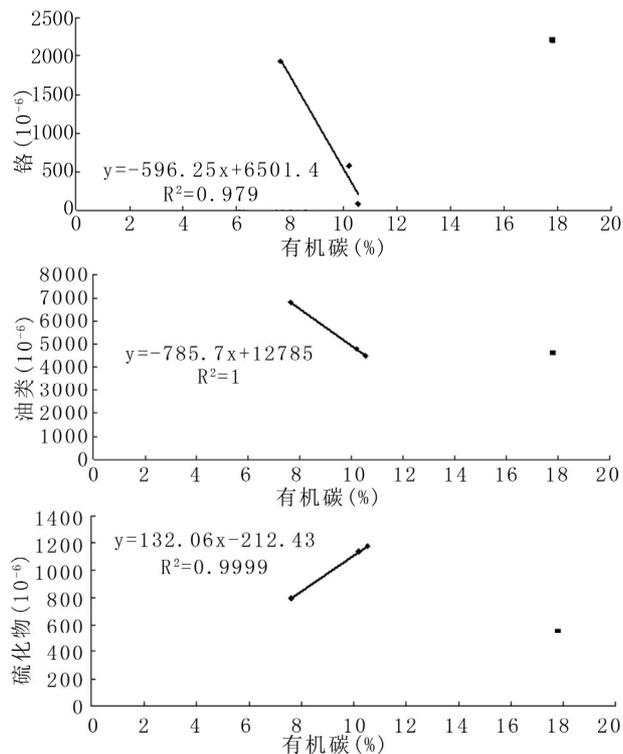


Figure 7. Correlation curves between organic and parts of main pollution factors in sediment

图 7. 沉积物中部分污染因子与有机碳的相关性曲线

由于自身理论水平和调查期间研究条件有限, 本文还存在着很多的不足, 如调查的站点数不够多, 调查区域不够广等。另外, 文中并未建立起环境污染预测模型, 还无法进行环境预测。若有机会, 将进行进一步的调查、研究以改善文中的不足之处。

4. 结论

1) 调查期间该海域沉积物主要的污染因子是铬、石油类、硫化物、有机碳, 部分站位铜、铅存在超标情况, 沉积物质量状况较好。

2) 4#采样点污染最重, 各因子污染程度大致排序为铬 > 有机碳 > 油类 > 硫化物。在管道内的水平方向上, 有机碳和硫化物的含量呈正相关, 而与油和铬的含量呈现负相关。沉积物污染主要受到排污管的污水影响, 应及时进行清淤工作。

参考文献 (References)

- [1] 陈于望, 王宪, 蔡明宏. 湄洲湾海域营养状态评价[J]. 海洋环境科学, 1999, 18(3): 39-42.
- [2] 蔡真珍, 王宪, 郑盛华. 湄洲湾水质季节变化特征及评价[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(2): 162-164.
- [3] 陈彬等. 福建湄洲湾海域营养状态趋势预测[J]. 台湾海峡, 2002, 21(3): 322-327.
- [4] GB 17378.3-2007, 海洋监测规范第三部分: 样品采集、贮存和运输[S].
- [5] GB 17378.5-2007, 海洋监测规范第五部分: 沉积物分析[S].
- [6] GB 18688-2002, 海洋沉积物质量[S].
- [7] 郑丙辉等. 重金属污染沉积物质量评价研究—以太湖为例[J]. 中国环境科学, 2012, 32(10): 1860-1866.
- [8] 祁铭华等. 沉积环境中硫化物的形成及其贝类养殖的关系[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(1): 85-90.
- [9] 李海明等. 渤海滩涂沉积物中石油烃迁移特征[J]. 海洋学报, 2006, 28(1): 163-168.
- [10] 王文强等. 哑铃湾网箱养殖海域沉积物中的硫化物[J]. 海洋环境科学, 2006, 35(3): 13-16.