

文章编号: 1000-5013(2008)02-0241-04

湄洲湾表层海水石油烃的分布特征分析

王 宪, 田春雨, 郑盛华

(厦门大学 海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 2005年1月~11月,分4个航次对湄洲湾海区石油烃及相关环境因子进行调查,分析湄洲湾海域石油烃的污染状况,探讨石油烃在湄洲湾表层海水中的季节分布,以及与叶绿素a、溶解无机氮、溶解无机磷等环境因子的关系。结果表明,湄洲湾表层海水石油烃的质量浓度呈现春夏季高,秋冬季低;水平分布呈现湾外高,湾内低的特点,变化范围为 $4.10 \sim 341.99 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,平均值为 $37.20 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。湄洲湾表层海水石油烃的质量浓度与叶绿素a、溶解无机氮、溶解无机磷等环境因子存在较好的线性关系,相关系数分别达到0.651 7, 0.953 2, 0.858 4。湄洲湾水体的氮磷比为17.51,有利于石油烃的降解。

关键词: 石油烃; 湄洲湾; 表层海水; 分布特征; 环境因子

中图分类号: X 550.8(257); P 734.5

文献标识码: A

海洋石油污染已成为海洋污染中最严重、最受普遍关注的事件,它对海洋及近岸环境造成严重的危害。世界石油产量逐年在增加,1970年的产量估计为22亿t,而到1990年石油的产量已达30亿t^[1]。由于人类对石油大量地勘探、开发,海洋石油污染与防治成为人们普遍关心的问题。湄洲湾位于福建省沿海中部,是深入内陆的半封闭狭长形海湾。湄洲湾水深港阔,有浪小无泥沙、不冻不淤等诸多特点,因此是我国东南沿海大型天然深水良港^[2-3]。随着石化工业的发展和海上运输量的增加,福建省的石化基地——湄洲湾西岸肖厝开发区的福建炼油厂对湄洲湾造成的石油污染问题日益受到重视。迄今为止,已有许多学者对湄洲湾海域的水质及石油类的分布进行了研究^[4-5]。本文根据2005年1~11月的4个航次湄洲湾海区油类污染的调查资料,对石油烃在湄洲湾表层海水中的季节分布特征,以及其与环境因子的关系进行研究。

1 调查和分析方法

1.1 调查站位和内容

为进一步了解湄洲湾水域各种环境因子和石油烃质量浓度的季节变化关系,于2005年1月(冬季)、4月(春季)、7月(夏季)和11月(秋季),在湄洲湾布设14个站位进行了调查,共采样4次。采样时尽量考虑到潮周期的变化,采样后测定湄洲湾海域14个站位的温度、盐度(S)、pH值、氧化还原电位、叶绿素a(Chl-a)、溶解无机磷(DIP)、溶解无机氮(DIN)、溶解氧(DO)、化学耗氧量(COD)及石油烃(PHC)。

1.2 调查方法

采集湄洲湾表层海水,现场用VARIO袖珍型pH/Cond测定仪测定pH值、氧化还原电位、温度、盐度后,取500 mL海水于玻璃试剂瓶中,立即加 H_2SO_4 酸化保存,用于石油烃的分析测定;DO值在现场固定后带回实验室测定;COD值采用碱性高锰酸盐法; NH_4^+-N 、 NO_3^--N 、 NO_2^--N 和 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 的水样经 $0.45 \mu\text{m}$ 的微孔滤膜过滤后,按《GB 17378.4-1998 海洋监测规范》的要求进行分析测定。本次调查的DIN为 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 、 NO_2^--N 的总和。

收稿日期: 2007-12-15

作者简介: 王 宪(1954-),男,教授,主要从事海洋有机化学的研究。E-mail: wangxian @xmu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(D0610020);福建省专项科研项目(2005021477)

2 结果与讨论

2.1 常规化学参数分析

湄洲湾水体常规环境因子的调查结果,如表 1 所示.表 1 括号中的数据为平均值.由表 1 可知,水体 pH 值呈弱碱性,盐度(*S*)略高,水温呈夏秋季节高,冬春季节低的特点.盐度平均值的季节变化趋势与水温相反,呈现冬春季节高,夏秋季节低的分布特征.DO 值的变化趋势和盐度相似,与水温相反.该

表 1 常规化学参数的季节变化范围及平均值

Tab. 1 Seasonal variations and average values of chemical parameters

参数	春季	夏季	秋季	冬季
pH	8.02 ~ 8.14(8.12)	8.10 ~ 8.14(8.13)	8.08 ~ 8.24(8.15)	8.08 ~ 8.15(8.13)
<i>S</i>	32.00 ~ 34.00(32.90)	33.60 ~ 34.80(34.28)	35.00 ~ 36.00(35.61)	35.00 ~ 36.00(35.22)
(DO)/mg · L ⁻¹	8.65 ~ 9.32(9.02)	5.91 ~ 6.76(6.30)	7.40 ~ 7.69(7.50)	8.50 ~ 9.20(9.02)
(COD)/mg · L ⁻¹	0.34 ~ 1.68(0.47)	0.00 ~ 0.17(0.11)	0.14 ~ 2.98(0.64)	0.17 ~ 0.91(0.45)
(叶绿 a)/μg · L ⁻¹	1.36 ~ 9.24(2.95)	0.81 ~ 6.11(2.42)	0.44 ~ 1.36(0.55)	0.61 ~ 3.79(1.86)

海域的 DO 值和 COD 值均符合《GB 3097 - 1997 海水水质标准》中的海水一类水质标准.Chl-a 值随季节变化较为明显,春夏较高,秋冬较低.本次常规化学参数的调查结果与 1997 年 5 月至 1998 年 7 月期间,陈碧娥等^[6]对湄洲湾海域水质的监测结果是一致的,pH 值、化学耗氧量、溶解氧、等质量浓度均符合一类海水标准.

表 2 表层海水中石油烃季节变化范围

Tab. 2 Seasonal variations of

petroleum hydrocarbon on surface seawater

时间	(PHC)/μg · L ⁻¹	/ %
春季	4.10 ~ 213.90(40.70)	23.80
夏季	8.49 ~ 341.99(109.75)	66.67
秋季	8.97 ~ 92.47(29.72)	7.14
冬季	10.06 ~ 14.53(12.56)	0

2.2 石油烃质量浓度的季节变化及水平分布

表 2 为四季湄洲湾海水水体石油烃质量分数(PHC)和超标率()的调查结果,表中括号中数据为平均值.从表 1 可知,湄洲湾表层海水石油烃的质量浓度变化范围为 4.10 ~ 341.99 μg · L⁻¹,平均值为 37.20 μg · L⁻¹,部分站位的海水超出国家渔业水质标准(50 μg · L⁻¹).湄洲湾海水石油烃的质量浓度总体呈现春夏季节高,秋冬季节低的特点.14 位站点的石油烃质量浓度水平分布,如图 1 所示.从图 1 可知,以春季调查为例,湄洲湾表层海水的石油烃质量浓度呈现湾外高,湾内低的特点.最高值出现在拆船厂附近海域及那希山(靠近油码头)附近海域.李传燕等^[5]认为,湄洲湾污染源主要来自福建炼油厂、油码头、秀屿拆船厂及往来本港船只,与本文结果相一致.

李延风研究表明^[7],近几年湄洲湾已有 70 %的水域中石油类超出国家渔业水质标准(50 μg · L⁻¹).本研究认为,在湄洲湾开发初期,水体呈贫营养型,有较大的环境容量,随着石化工业为主体的系列开发,各类污染物输入量不断增大,内湾、中湾正从贫营养型向中营养型转化.因此,在码头、炼油厂及其排污口附近海域的油污已成为湄洲湾重要的环境问题.

2.3 石油烃质量浓度与 Chl-a 的关系

对湄洲湾海区 Chl-a 质量浓度的测定表明,Chl-a 的质量浓度介于 0.44 ~ 9.24 μg · L⁻¹ 之间,平均值为 2.36 μg · L⁻¹.海水中 Chl-a 的质量浓度在一定意义上反映水体中的浮游生物量.一般来说,Chl-a 的质量浓度越高,海水中的生产力也越大.石油烃是海洋有机污染的主要成分,由于海洋中的微生物能在一定程度上对海水中的有机物产生降解作用,因此,当石油烃的质量浓度不是很高时,它对浮游生物的生长有一定的刺激作用,能够促使浮游生物大量繁殖.王宪等^[8]研究认为,大鹏澳水体石油烃与 Chl-a 有较好的正相关;而本文调查中,湄洲湾水体石油烃质量浓度与 Chl-a 的关系,如图 2 所示.图 2 结果表明,石油烃质量浓度与 Chl-a 有较好的线性关系,相关系数为 0.651 7.

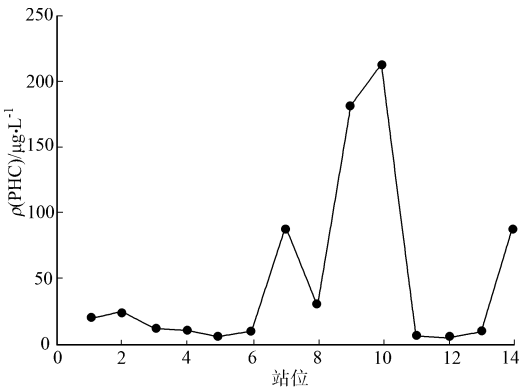


图 1 表层海水中石油烃水平分布图

Fig. 1 Horizontal distribution of petroleum hydrocarbon on surface seawater

有研究表明^[9],石油烃有可能刺激,也有可能抑制浮游植物的细胞分裂速率和光合作用. 由于石油烃是多组分的物质,既含有毒性又含有生物活性组分. 当溶解石油烃的浓度相对较低($10 \sim 500 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)时,有利于浮游植物的生长. 然而,海水石油烃的影响因素相当复杂,它不仅与 Chl-a 密切相关,同时也受到其他环境因子的限制.

2.4 石油烃质量浓度与营养盐的关系

调查期间,测定了湄洲湾表层海水 DIN,DIP 的浓度(c). 总体上看,DIN,DIP 的浓度呈现湾内大于湾外的特点. 以冬季调查为例,DIN 的浓度范围为 $8.35 \sim 51.00 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,平均值为 $19.14 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$;DIP 的浓度范围为 $0.80 \sim 1.47 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,平均值为 $1.09 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. 此外还发现,石油烃的质量浓度与 DIN,DIP 的浓度存在较好的线性关系(图 3),其相关系数分别为 0.953 2 和 0.858 4.

有研究显示,微生物对石油烃的降解过程受氮和磷的影响^[10-11]. Redfield 等^[12]的研究表明,一般大洋深层水的 N/P 值(氮和磷的质量比)为 16 左右,与浮游植物体内元素组成的 N/P 值大致相同,低于或高于这一比例就会形成 N 或 P 限制. 一般用 N/P 值来判断营养盐的相对限制情况,N/P 值小于 16,表明 N 相对不足;而 N/P 值大于 16,表明 P 相对不足. 浮游植物从海水中摄取的 $m(\text{DIN})/m(\text{DIP})$ 约

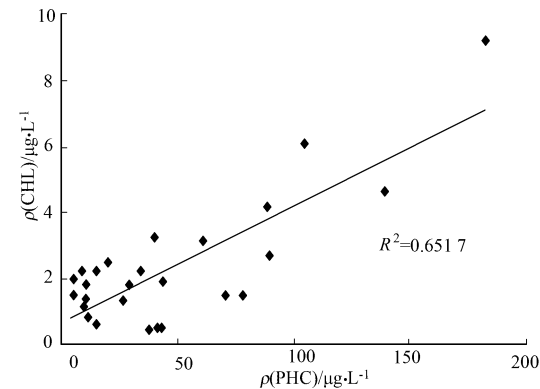


图 2 表层海水石油烃与 Chl-a 的关系
Fig. 2 Relationship between petroleum hydrocarbon and Chl-a on surface seawater

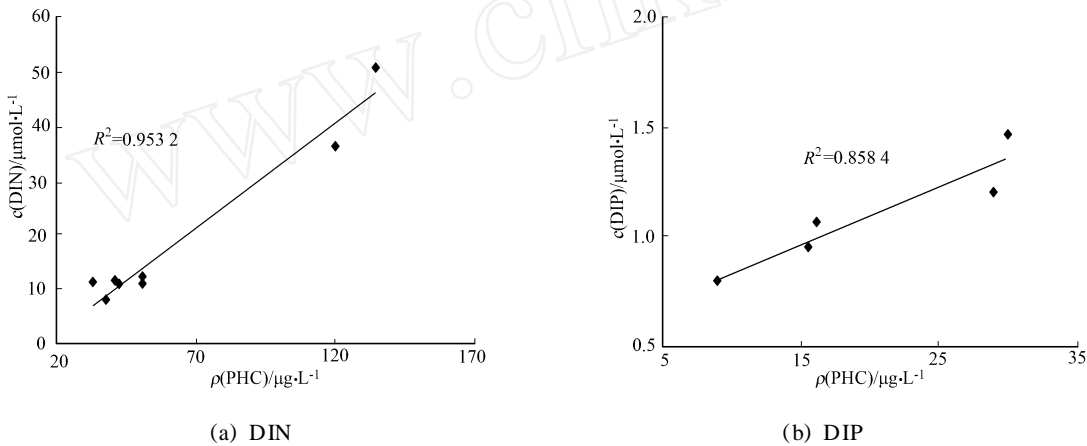


图 3 表层海水石油烃与营养盐的关系

Fig. 3 Relationship between petroleum hydrocarbon and nutrient concentration on surface seawater
为 16^[11],偏离过高或过低都可能引起浮游植物受到某一浓度相对低的元素的限制.

陈碧娥等^[13]的研究表明,营养盐对部分石油降解细菌的生长有一定的促进作用. 蔡明刚等^[14]认为,N/P 值为 20 的水体,微生物的活性相对较高,有利于微生物利用水体中的有机物作为自身生长所需的碳源,而把水体中的有机物降解. 本次调查中,湄洲湾水体的 N/P 值为 17.51,属于磷限制. 由于 N/P 值接近于浮游植物对海水中氮和磷的摄取值,因此,湄洲湾水体中营养盐的质量浓度有利于石油烃降解.

3 结束语

湄洲湾表层海水的 pH 值呈弱碱性,盐度略高,水温呈夏秋季节高,冬春季节低的特点. DO 值的变化趋势和盐度相似,与水温相反. Chl-a 值随季节变化较为明显,春夏较高,秋冬较低. 湄洲湾水体石油烃的质量浓度总体呈现春夏季节高,秋冬季节低,而水平分布呈现湾外高,湾内低的特点. 石油烃的质量浓度最高值出现在拆船厂附近海域及那希山(靠近油码头)附近海域. 石油烃质量浓度与 Chl-a 有较好的线性关系,相关系数为 0.651 7. 湄洲湾表层海水 DIN,DIP 的质量浓度呈现湾内大于湾外的特点. 石油烃的质量浓度与 DIN,DIP 存在较好的线性关系,相关系数分别为 0.953 2 和 0.858 4. 此外,湄洲湾水

体的 N/P 值为 17.51,有利于石油烃的降解.

参考文献:

- [1] WILSON S C, JONES K C. Bioremediation of soil contaminated with polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs): A review[J]. Environ Pollut, 1993, 81:229-249.
- [2] 余金满. 湄洲湾区域国土规划汇编[M]. 福州:福建省地图出版社,1988.
- [3] 廖小军,黄源水. 开发斗尾港,推进湄洲湾南岸经济区建设[J]. 福建论坛:经济社会版,2000,5:61-63.
- [4] 黄哲强. 湄洲湾海域水质氮、磷及石油类分布特点[J]. 福建环境,2001,18(6):20-21.
- [5] 李传燕,黄宗国,郑成兴,等. 湄洲湾附着生物与油污染生态学研究[J]. 台湾海峡,1996,15(4):387-393.
- [6] 陈碧娥,郭厚宝,苏荣西,等. 湄洲湾海域水质状况分析[J]. 华侨大学学报:自然科学版,1999,20(4):403-406.
- [7] 李延凤. 湄洲湾海水环境质量和水产业发展的关系[J]. 海洋环境科学,1999,18(4):52-56.
- [8] 王 宪,徐鲁荣,李凌云,等. 大亚湾大鹏澳水体石油烃质量浓度变化及其与环境因子的关系[J]. 台湾海峡,2002,21(2):167-171.
- [9] 张珞平,林 杰. 厦门港海面微表层对海水中石油烃的富集作用[J]. 海洋环境科学,1991,10(1):17-20.
- [10] PIEHLER M F, SWISTA K J G, et al. Stimulation of diesel fuel biodegradation by indigenous nitrogen fixing bacterial consortia[J]. Microbiol Ecology, 1999, 38(1):69-78.
- [11] SIMTH S V. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment[J]. Limnol Oceanogr, 1984, 29(1):1149-1160.
- [12] REDFIELD A C. The biological control of chemical factors in the environment[J]. Am Sci, 1958, 46:205-221.
- [13] 陈碧娥,王丽娜. 营养盐对湄洲湾海洋细菌生长及降解石油烃的影响[J]. 海洋环境科学,2005,24(4):52-58.
- [14] 蔡明刚,钱爱红,王 宪,等. 大亚湾大鹏澳油污染状况和自净能力的研究[J]. 海洋通报,2003,22(5):34-37.

Research on the Distributed Characteristics of Petroleum Hydrocarbon in Surface Sea water of Meizhou Bay

WANG Xian, TIAN Chun-yu, ZHENG Sheng-hua

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Four cruises of investigations were carried out on petroleum hydrocarbon (PHC) and environmental relatively factors in sea area of Meizhou Bay from January to November in 2005. The pollution of PHC in sea area of Meizhou Bay was analyzed, as well as the seasonal distribution of PHC in surface seawater and the relationship between PHC and environmental factors including chlorophyll-a (Chl-a), dissolved inorganic nitrogen (DIN), dissolved inorganic phosphate (DIP), et al. The results indicate that, the concentration of PHC in surface seawater of Meizhou Bay is high in spring and summer and low in autumn and winter. The horizontal distribution of PHC in Meizhou Bay is in high level outside and in low level inside. The range of PHC is from 4.10 to 341.99 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ and the average value is 37.20 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. There exit a good linear relationship between PHC and Chl-a, DIN, DIP, and the relative coefficient reached 0.651 7, 0.953 2, 0.858 4 respectively. The value of N/P in Meizhou Bay is 17.51, which is appropriate for petroleum hydrocarbon degradation.

Keywords: petroleum hydrocarbon; Meizhou Bay; surface seawater; distribution characteristics; environmental factors

(责任编辑:黄仲一 英文审校:陈国华)