

椒江口及邻近海域夏季油类分布特征分析

张兴林, 吴智清, 戴开友, 金丹萍, 李 勤

(国家海洋局温州海洋环境监测中心站, 浙江 温州 325013)

摘要: 根据 2008~2011 年调查资料, 分析椒江口及邻近海域夏季类时空分布特征, 并采用单因子指数法对其进行评价。结果表明, 椒江口及邻近海域夏季水体中油类含量为 $0.010\sim0.178\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 $0.038\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。空间分布上具有明显的河口区特点, 由近岸向外海递减; 油类含量年际变化范围为 $0.032\sim0.046\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 总体上呈现先升后降趋势。海域各测站沉积物中的油类含量均符合一类沉积物质量标准, 其空间分布并无规律, 与水体中油类含量也无显著关系; 海域油类含量与环境因子之间呈线性相关, 按相关系数大小排列依次为: 盐度>pH>活性磷酸盐>无机氮>COD; 不同年份间的相关程度也不相同, 各年份相比较, 2009 年油类含量总体较高, 但线性相关较差。

关键词: 椒江口及邻近海域; 油类; 分布特征

中图分类号: P734.25

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2013) 02-0094-06

由灵江和永宁江汇合而成的椒江, 全长约 190 km, 是浙江沿岸主要入海河流之一。其入海口平面形态为典型的喇叭形, 南北有陆地阻挡, 颈部最窄处宽度仅 1.8 km, 出口门后两侧堤岸迅速展宽至 19 km。外侧海域开阔, 有台州列岛、东玳列岛等诸多岛屿遮挡^[1], 形成较为独特的自然条件, 是台州通往各地的海上门户, 也是台州沿海海洋开发活动的集聚区。近年来, 随着台州经济社会快速发展, 每年由椒江携带入海的陆源污染物不断增加, 同时, 椒江口沿岸海洋开发活动激增, 港口航运、船舶制造、医药化工等迅速崛起, 大量污染物直接或间接排入海洋, 导致椒江口近岸海域海洋环境污染形势严峻, 油污染环境问题的突出。据浙江省海洋环境公报显示, 椒江口海域是浙江近岸污染较为严重的海域之一, 也是浙江沿海油污染最为明显的区域。目前, 国内对油污染分布特征已作相关研究报道, 如王宪等人^[2]研究了福建省沿岸水体与沉积物中油的分布特征, 袁骥等人^[3]研究了长江口及邻近水域油污染分布特征, 王江涛等人^[4]研究了胶州湾石油烃的含量变化及其与环境因子的相互关系等。椒江口及邻近海域是生态环境较为脆弱的海域, 也是人们活动密集的区域, 油污染问题

已日益引起政府和人们的关注。江锦花^[5]对台州湾近海海水中多环芳烃浓度进行了详细的分析, 但对该海域油类时空分布特征的分析目前尚未相关报道。笔者基于多年调查资料, 综合分析椒江口及邻近海域油类时空分布、变化规律, 以及与环境因子的相关关系, 为椒江口及邻近海域油污染防治对策研究提供必要的依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2008~2011 年, 每年夏季(8 月)对椒江口及邻近海域进行调查, 共调查 4 次。调查站位分布于 $N28^{\circ}24'35''\sim N28^{\circ}41'50''$, $E121^{\circ}22'33''\sim E121^{\circ}54'10''$ 之间海域, 共 19 个水质站位(图 1), 其中, 7 个站位同步采集沉积物样品。表层水样采用抛浮式采油器, 在船头迎风侧采集约 500 mL 水样。样品采集后现场萃取, 具体步骤如下: 将经 5 mL 1:3 硫酸溶液酸化后的水样转入 800 mL 锥形分液漏斗中, 加入 10.0 mL 正己烷于分液漏斗, 振荡 2 min(注意放气), 静置分层, 将下层水样放入原水样瓶中。振荡水样瓶, 将萃取过的水样倒回原分液漏斗, 加入 10.0 mL 正己烷再萃取 1 次。将下层水样放入 1 000 mL

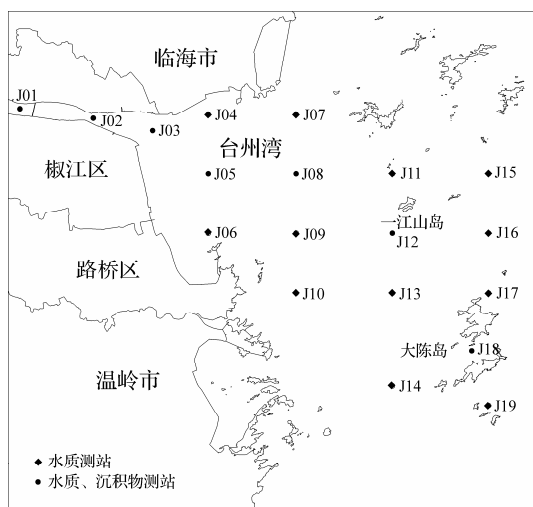


图1 椒江口及邻近海域调查站位分布

量筒中, 测量萃取后水样体积. 萃取液合并于上述带刻度比色管中, 避光冷藏保存后, 带回实验室. 沉积物采用抓斗式采泥器采集, 玻璃瓶封存后带回实验室. 沉积物样品需风干并研磨成粉末, 用80目的不锈钢网过筛备用.

1.2 分析方法

油类浓度分析采用分光光度法, 主要根据油

类的芳烃组分在紫外光区有特征吸收, 其吸收强度与芳烃含量成正比的原理. 样品经正己烷萃取后, 用正己烷定容至10 mL比色管标线处, 利用T6紫外分光光度计于225 nm波长处, 以正己烷作参比测定吸光值. 同时取500 mL蒸馏水测定分析空白吸光值. 具体分析按文献[6]要求进行. 油标采用国家海洋环境监测中心监制标准.

1.3 评价方法

按照文献[7-8]要求, 采用单因子指数法, 对水环境质量和沉积物质量状况作出评价.

$$P = C_{\text{实}} / C_{\text{标}}$$

式中: $C_{\text{实}}$ 为实测浓度; $C_{\text{标}}$ 为评价标准值. 其中一、二类海水中油类标准值为 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 三类海水中油类标准值为 $0.30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 一类沉积物中油类标准值为 500×10^{-6} .

2 结果与讨论

2.1 海水中油类分布特征

2.1.1 空间分布特征

2008~2011年椒江口及邻近海域夏季水体中油类含量分布范围为 $0.010 \sim 0.178 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 平均 0.038

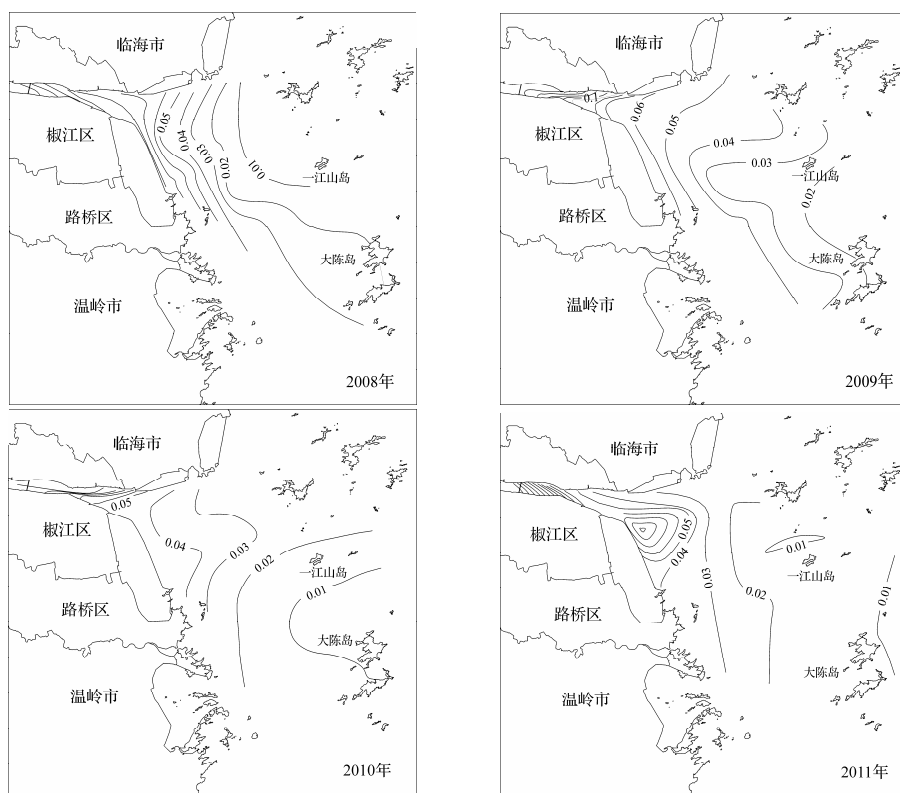


图2 2008~2011年椒江口及邻近海域油类含量分布

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 在空间分布上呈现明显的河口区特点^[6], 由近岸向外海递减, 即椒江口海域>台州湾海域>大陈海域. 其中, 椒江口海域油类含量为 $0.080\sim 0.178\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 $0.100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 83.4%测站劣于一类海水标准, 但均未超三类海水标准; 台州湾海域油类含量为 $0.01\sim 0.093\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 $0.039\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 32.2%的测站劣于一类海水标准, 未超三类海水标准; 大陈海域油类含量为 $0.004\sim 0.040\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 $0.017\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 全部测站均符合一类海水标准. 油类含量分布特征如图 2 所示.

由图 2 可见, 椒江口海域为油类含量高值区, 等值线密集, 水平梯度大. 此外, 该区域等值线分布不均, 南、北岸差异较大, 局部油类含量高, 可能受到码头、船只排污影响所致^[7]. 台州湾海域油类含量相对较低, 等值线走向与主潮流方向基本垂直, $0.05\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (一类海水标准值)等值线大致位于临海南洋涂—椒江十一塘围垦区之间, 在椒江十一塘围垦区外侧常形成小范围高值区, 2011 年尤为明显; 初步分析, 可能与围垦区域工程排污影响有关. 大陈海域等值线稀疏, $0.02\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 等值线大范围包络, 全部水域均符合一类海水标准, 表明大陈海域基本没有受到油类的污染.

2.1.2 年际变化特征

调查海域油类年平均浓度变化范围为 $0.032\sim 0.046\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 多年平均为 $0.038\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 由表 1 可见, 2008~2009 年, 各海域油类含量均有不同程度升高, 其中, 台州湾海域升幅较为明显, 平均浓度增加 $0.013\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 超标站位由 2 个增至 5 个, 增加了 42.8%. 2009 年之后, 各海域平均浓度均出现下降趋势, 椒江口海域个别测站出现一类水质, 台州湾海域劣一类水质站位由 5 个降至 1 个, 且最高浓度也有所下降. 总体上, 近年来椒江口及邻近海域油类含量呈现先升后降趋势, 该海域的油类污染得到有效控制.

2.2 沉积物中油类分布特征

调查海域沉积物中油类含量范围为 $8.0\times 10^{-6}\sim 275.9\times 10^{-6}$, 平均为 77.7×10^{-6} . 沉积物中油类含量空间上分布不均, 且变化幅度较大, 但与一类沉积物标准值 500×10^{-6} 相比, 所有测站均未超标. 最高值出现在 J18 站, 最低值出现在 J08 站. 沉积物油类含量见表 2.

表 1 椒江口及邻近海域油类年际变化

调查时间	调查区域	变化范围/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	平均值/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	超标率/%	污染指数
2008	椒江口	0.080~0.140	0.103	100	2.07
	台州湾	0.010~0.080	0.036	28.6	0.71
	大陈海域	0.010~0.030	0.019	0	0.38
2009	椒江口	0.055~0.144	0.107	100	2.13
	台州湾	0.020~0.070	0.049	71.4	0.97
	大陈海域	0.010~0.040	0.023	0	0.47
2010	椒江口	0.039~0.136	0.092	66.7	1.83
	台州湾	0.017~0.051	0.031	14.3	0.63
	大陈海域	0.003~0.021	0.013	0	0.25
2011	椒江口	0.043~0.178	0.093	66.7	1.87
	台州湾	0.010~0.093	0.040	14.3	0.80
	大陈海域	0.008~0.016	0.012	0	0.23

注: 椒江口: J01~J03 站; 台州湾: J04~J10 站; 大陈海域: J11~J19 站.

表 2 椒江口及邻近海域沉积物油类含量

站位	粒度	油类平均含量/($\times 10^{-6}$)	污染指数
J01	粘土质粉砂	32.5	0.065
J02	粘土质粉砂	97.0	0.194
J03	粉砂质粘土	47.8	0.096
J05	粘土质粉砂	25.4	0.051
J08	粘土质粉砂	26.8	0.054
J12	粘土质粉砂	83.1	0.166
J18	粉砂质粘土	231.3	0.463

调查结果表明, 椒江口及邻近海域沉积物中油类含量空间分布无明显规律^[9], 与水体中油类含量也无显著相关关系. 大陈海域水体中油类含量较低, 但沉积物中油类含量较其他海域高, 其中, J18 站在历次调查中均为最高, 年平均为 231.3×10^{-6} ; 椒江口海域水体中油类含量高, 沉积物中油类含量却较低, 其中, J01 站年平均为 32.5×10^{-6} . 初步分析, 可能是由于椒江口海域水下地形坡度大, 潮流强且变化幅度大, 底层扰动后, 油类吸附于悬浮泥沙后随潮流迁移, 难以在底层沉淀. 而大陈海域水下地形平缓、潮流平稳, 油类污染物易于在沉积物中沉降. 此外, 椒江口海域沉积物类型以粘土质粉砂为主, 大陈海域则以粉砂质粘土为主, 据柯东胜等人^[10]对广东近海表层沉积物分布特征研究, 油类在沉积物中含量的大小顺序是粉砂质粘土>粘土质粉砂>砂质. 可见, 大陈海域的水动力条件、

底质类型对于油类在沉积物中蓄积更为有利。

2.3 油类分布特征与环境因子的相关性分析

油类在海洋中的分布变化以及迁移转化过程极为复杂, 除受到陆上和海上污染物来源途经影响, 以及潮流、波浪等动力条件影响外, 同时伴随一系列物理、化学和生物降解过程。其降解过程主要表现为溶解、蒸发、光化学氧化、颗粒物吸附、表层水体混合乳化、微生物降解等, 影响因素涉及到微生物的数量和种群、水体温度和盐度、油类性质以及微生物生长所必需的营养物质等^[11]。调查结果分析表明, 椒江口及邻近海域夏季表层水体中的油类与环境因子关系较为密切, 主要相关因子为盐度、pH、营养盐、COD等。

2.3.1 与盐度的关系

调查结果显示, 水体中的油类含量与盐度之间为线性相关关系, 相关系数在-0.512~-0.909之间, 平均-0.758(图3)。其中2008年、2010年、2011年相关系数均在-0.800以上, 在显著水平0.01上表现为高度显著负相关。与台州湾、大陈海域相比, 椒江口海域相关性显著, 相关系数为-0.833。可见, 椒江口及邻近海域油类含量分布与盐度场分布有较好的相似性, 盐度分布变化在一定程度上可以

反映油类含量的负相关线性变化, 这种特征在椒江近岸海域尤为明显。

2.3.2 与pH的关系

调查结果显示, 水体中油类含量与pH的线性相关系数在-0.529~-0.848之间, 平均-0.661(图4)。从各年份比较来看, 2008年和2010年线性相关较好, 分别为-0.731和-0.848。从各海域比较来看, 椒江口海域线性相关明显, 2009年和2010年分别为-1.000和-0.998。可见, 水体中油类与pH间呈显著线性相关关系, pH是油类含量变化的主要影响因子之一。

2.3.3 与营养盐的关系

调查期间, 椒江口及邻近海域表层水体中活性磷酸盐含量为 $0.007\sim0.177\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 $0.053\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。无机氮含量为 $0.089\sim2.047\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 $0.538\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。在空间分布上均表现为由近岸向外海递减的特点。结果显示, 活性磷酸盐、无机氮含量与油类含量存在着线性相关关系。与活性磷酸盐的相关系数在 $0.526\sim0.939$ 之间, 与无机氮的相关系数在 $0.449\sim0.930$ 之间(图5和图6)。但在不同时期, 相关性差异较大, 如2009年油类含量较高, 活性磷酸盐和无机氮的相关系数约为0.5, 相关性

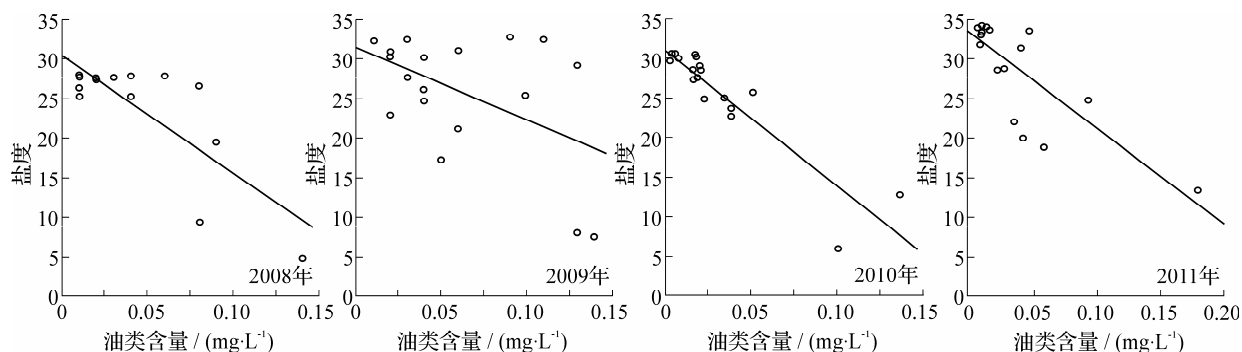


图3 油类含量与盐度之间的相关性

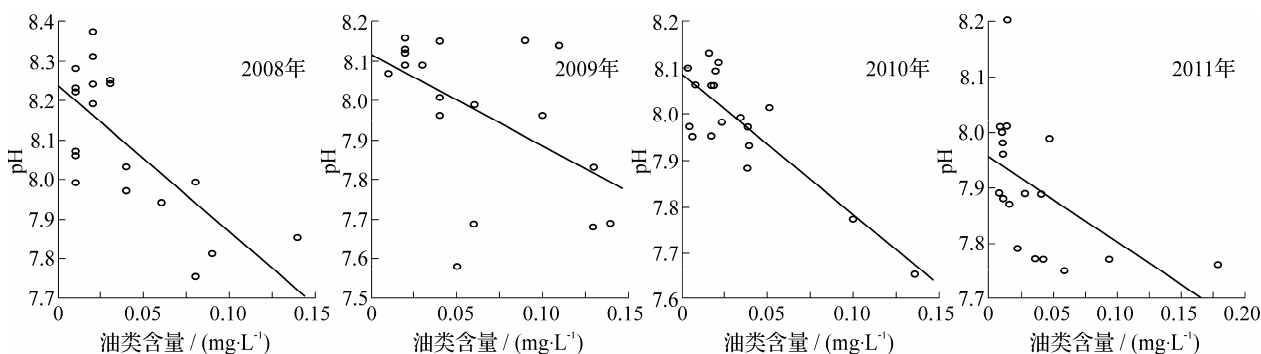


图4 油类含量与pH之间的相关性

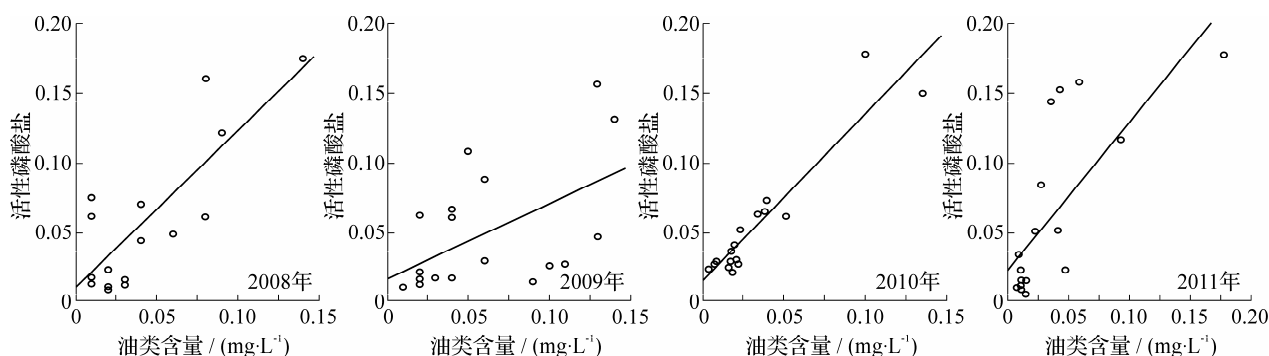


图5 油类含量与活性磷酸盐之间的相关性

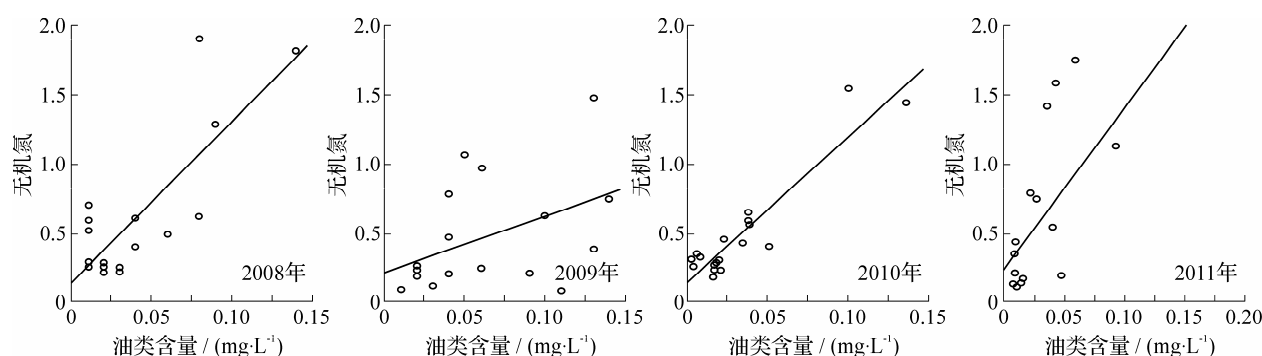


图6 油类含量与无机氮之间的相关性

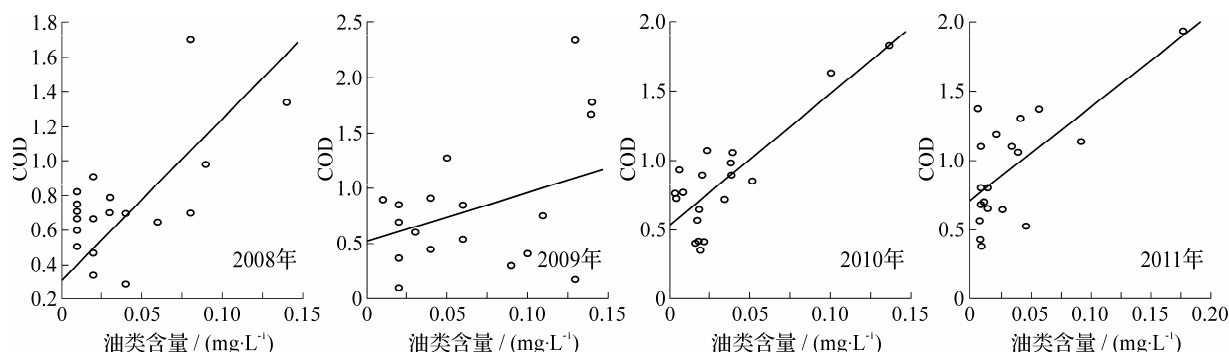


图7 油类含量与COD之间的相关性

不太显著。但在 2010 年油类含量较低时, 油类含量与活性磷盐含量以及无机氮含量的相关系数均大于 0.93, 表现为高度显著相关。在不同海域相关系数明显不同, 椒江口海域油类含量高, 相关性较为显著, 台州湾海域次之, 大陈海域则表现为相关性不明显。在一定程度上反映油类污染物和营养盐具有相似来源途径, 椒江入海携带的污染物是其空间分布的主要影响因素, 海上污染物影响不明显。

2.3.4 与 COD 的关系

调查结果显示, 水体中油类含量与 COD 的线性相关系数在 0.354~0.827 之间, 平均 0.623(图 7)。

从各年份比较来看, 除 2009 年以外, 其余各年份相关系数均在 0.6 以上。从各海域比较来看, 椒江口海域相关性明显, 2009 年、2010 年、2011 年分别为 0.723、0.992 和 1.000。可见, 水体中油类含量与 COD 之间为线性相关关系, 两者有着相似的来源途径。但由于两者为正相关, 表明有机物降解对于油类含量的影响变化不明显。

3 结论

(1) 调查海域油类含量为 $0.010\sim0.178\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均 $0.038\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。空间分布上具有明显的河口区特点, 由近岸向外海递减, 其中椒江口海域油类含量

较高, 83.4%的测站劣于一类海水标准; 台州湾海域次之, 32.2%的测站劣于一类海水标准; 大陈海域全部测站均符合一类海水标准。

(2) 调查海域油类年平均浓度变化范围为 $0.032 \sim 0.046 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 多年平均 $0.038 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。2008~2009年, 各海域油类含量均有不同程度升高, 其中, 台州湾海域较为明显, 2010年开始各海域油类含量均出现下降趋势。

(3) 调查海域各测站沉积物中油类含量均符合一类沉积物质量标准, 其空间分布并无规律, 与水体中油类含量也无显著关系。

(4) 调查海域油类含量与环境因子之间呈线性相关, 按相关系数大小排列依次为: 盐度>pH>活性磷酸盐>无机氮>COD, 其中盐度、pH 为负相关, 活性磷酸盐、无机氮、COD 均为正相关。但不同海域相关程度不相一致, 其中椒江口海域线性相关最为明显。不同年份之间相关程度也不相同, 各年份相比较, 2009年油类含量总体较高, 但线性相关较差。

致谢 感谢国家海洋局温州海洋环境监测中心站张钊教授级高工给予本文的大力指导。

参考文献:

- [1] 麦苗, 闫勇, 吴以喜. 台州湾海域水文泥沙环境及海床冲淤演变分析[J]. 水道港口, 2009, 30(4):24-30.
- [2] 王宪, 张元标, 李凌云, 等. 福建省沿岸水体与沉积物中油的分布特征[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2000, 39(3):369-374.
- [3] 袁骥, 蒋玫, 王云龙. 长江口及邻近水域油污分布特征[J]. 海洋环境科学, 2005, 24(2):17-19.
- [4] 王江涛, 李雪莲, 赵卫红, 等. 胶州湾石油烃的含量变化及其与环境因子的相互关系[J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(2):319-322.
- [5] 江锦花. 台州湾近海海水中多环芳烃的浓度水平及源解析[J]. 环境化学, 2007, 26(4):551-552.
- [6] GB17378-2007. 海洋监测规范[S].
- [7] GB3097-1997. 海水水质标准[S].
- [8] GB18668-2002. 海洋沉积物质量[S].
- [9] 卢冰, 熊健, 郑士龙. 象山港海域中石油烃含量分布特征及其评价[J]. 东海海洋, 1993, 2(4):67-73.
- [10] 柯东胜. 广东近海表层沉积物中石油的含量分布特征及其主要影响因素[J]. 海洋通报, 1987, 6(4):19-22.
- [11] 王宪, 徐鲁荣, 李凌云, 等. 大亚湾大鹏澳水体石油烃含量变化及其与环境因子的关系[J]. 台湾海峡, 2002, 21(2):167-171.

Spatial and Temporal Distribution of Summer Oil in Jiaojiang Estuary and Adjacent Coastal Waters

ZHANG Xing-lin, WU Zhi-qing, DAI Kai-you, JIN Dan-ping, LI Qin

(Wenzhou Marine Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Wenzhou 325013, China)

Abstract: From 2008 to 2011, Jiaojiang Estuary and adjacent coastal waters were investigated in a move to analyze the spatial and temporal distribution characteristics and to evaluate the pollution condition using single factor index. In this study, the concentrations of the summer oil is found to range from 0.010 to $0.178 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (mean concentration, $0.038 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Oil concentrations are decreased from coast to offshore area, indicating obvious specificity of estuary distribution. For temporal distribution, on the other hand, the interannual variation ranges from 0.032 to $0.046 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, which generally rises first followed by decreasing. The oil concentrations and environmental factors takes on a linear correlation and the order on coefficients of which is salinity > pH > reactive phosphate > inorganic nitrogen > COD. The coefficients of correlation differ according to areas and years, and this observation is especially true in Jiaojiang estuarial region.

Key words: Jiaojiang Estuary and adjacent coastal waters; distribution characteristics; oil

(责任编辑 章践立)