

# 福建和粤东近岸海域沉积物中 PAHs 的含量分布特征及来源分析

张元标<sup>1,2</sup> 林辉<sup>2</sup> 芦敏<sup>1</sup> 邝伟明<sup>2</sup> 孙秀武<sup>2</sup> 袁东星<sup>1</sup>

(1. 厦门大学近海环境科学国家重点实验室, 福建 厦门 361005; 2. 国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 2007年11~12月采集福建和粤东近岸海域的沉积物样品,对沉积物中的PAHs含量、组成进行研究,分析了研究海域沉积环境中PAHs的分布特征、来源,并利用Long等人建立的评价模式对PAHs的生态风险进行了评价。研究结果为深入研究海域沉积环境中PAHs的地球化学行为提供了科学依据。结果表明:研究海域PAHs的含量范围为52.93~398.50 ng/g,平均值为170.30 ng/g。研究发现闽江径流是影响海区沉积物中PAHs含量分布的重要因素之一。通过不同环数PAHs的相对丰度和异构体比值分析,对研究海区沉积物中PAHs进行了溯源分析,发现厦门以北海域沉积物中的PAHs主要来自化石燃料燃烧,而厦门以南海域则主要来源于石油污染。生态风险评估结果显示,研究海域PAHs对生物体极少产生负面生态效应,潜在生态风险很小。

**关键词:** 海洋环境科学; 沉积物; 多环芳烃; 分布; 来源; 生态风险

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4972.2014.03.011

中图分类号: P76

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972(2014)03-0362-07

多环芳烃(PAHs)是指2个以上苯环以稠环形式相连的化合物,是一类广泛存在于环境中的POPs。这些化合物沸点高,不易挥发,具有致癌、致畸、致突变性。美国环保署(USEPA)基于PAHs对哺乳动物和水生生物的毒害,确定了16种PAHs作为优先控制污染物<sup>[1]</sup>。PAHs主要通过工业废水的直接和间接排放、河流输入和大气沉降等途径进入海洋环境<sup>[2]</sup>。由于PAHs的理化性质决定了其低水溶性和憎水性,进入水环境中容易吸附在颗粒物上,并最终通过沉降等途径进入到沉积物中,海洋沉积物因此成为PAHs的主要环境归宿之一<sup>[3]</sup>。但如果环境条件改变,就会造成污染物从沉积物中重新释放,引起二次污染<sup>[4]</sup>。因此研究海洋沉积环境中的PAHs具有重要的科学意义。

国内外学者对海湾或者沿岸海域沉积物中的PAHs污染状况做了大量的工作<sup>[5-10]</sup>,但是这些研究多局限于某个特定的海湾或者河口区,对较大范围的近岸海域的污染研究较少。特别是在福建和粤东近岸海域,未见研究者对该海域沉积环境中的PAHs的相

关报道。本文利用2007年11~12月采集的沉积物样品,对福建和粤东近岸海域沉积物中PAHs的含量、组成进行研究,以期深入认识研究海域沉积环境中PAHs的分布特征、来源及其对生态环境的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样站位

在福建和粤东近岸海域布设24个沉积物采样站位(图1),测定其PAHs的含量和组成。

### 1.2 样品采集

在设定的站位对表层沉积物进行取样。用抓斗采泥器采集0~2 cm表层沉积物,采集后,用不透明的棕色玻璃瓶冷冻贮存。样品运至陆上实验室后,及时进行分析。沉积物样品的采集、保存等均按照《海洋监测规范第5部分—沉积物分析》(GB17378.5-2007)<sup>[11]</sup>执行。

### 1.3 样品前处理和测定

依据USEPA 8100方法<sup>[12]</sup>进行样品前处理和分

收稿日期: 2014-03-12

基金项目: 国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费资助项目(海三科2009023)

作者简介: 张元标(1976~),男,博士研究生; E-mail: hysszyb@sina.com

通讯作者: 袁东星,女,教授; E-mail: yuandx@xmu.edu.cn

仪的萃取池底放置一片纤维素膜, 加入少量无水硫酸钠。准确称取约 5 g ( $\pm 0.0001$  g) 沉积物样品, 加入 10 mm<sup>3</sup> 替代物标准溶液, 混匀后置入萃取池, 用无水硫酸钠装满萃取池, 置于加速溶剂萃取仪进行萃取。收

集萃取液, 氮吹至 5 cm<sup>3</sup>, 过硅胶柱净化, 用二氯甲烷-正己烷混合溶液 (V: V = 1: 1) 洗脱。收集洗脱液并在 45℃ 恒温下氮吹至 5 cm<sup>3</sup>, 转移到小管, 氮吹至 0.5 cm<sup>3</sup>, 加入 10 mm<sup>3</sup> 内标溶液, 用正己烷定容后待分析。

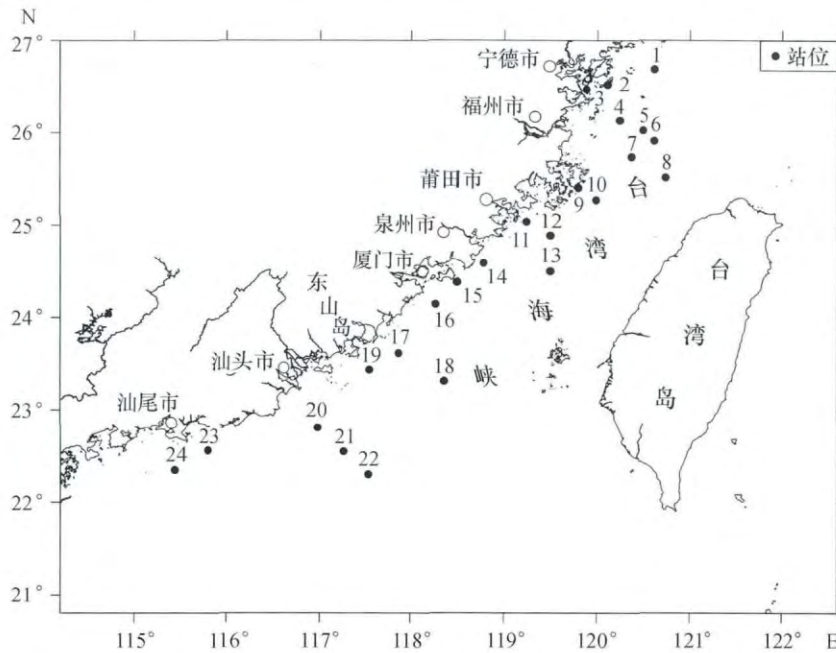


图 1 福建和粤东近岸海域沉积物采样站位分布

Fig. 1 Distribution of sediment sampling stations from Fujian and eastern Guangdong coastal waters

#### 1.4 仪器条件

利用气相色谱-质谱联用仪进行分析 (HP6890-5975B GC/MS)。进样口温度为 280℃, 进样量为 1 mm<sup>3</sup>, 无分流进样; 色谱柱采用 HP-5 MS 低流失毛细管柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 升温程序为: 柱温箱初始温度 60℃, 以 15℃/min 升温速率升至 150℃, 接着以 5℃/min 升至 220℃, 再以 10℃/min 升至 300℃, 保持 5 min; 检测器温度为 300℃; EI 电子轰击: 70eV; 离子源温度: 230℃; 四极杆温度: 150℃; 载气: 高纯氦; 扫描模式: 选择离子模式 (SIM); 扫描质量范围: 50 ~ 550。

#### 1.5 质量控制

以 20 个样品为一个批次, 每批中加入质控样, 包括空白样、空白加标样、基体加标样、基体加标平行样。所有样品均加入了替代物混标, 用以控制整个前处理过程的损失和沾污。基体加标回收率在 72.6% ~ 111.2% 之间, 3 次平行测定的相对标准偏差均小于 10%。

## 2 结果与分析

### 2.1 PAHs 的含量和分布特征

由于其采集的沉积物深度为 0 ~ 2 cm, 因此

其测定值表征的是采样时间至前推数年的表层沉积物含量的综合状况。本研究海区沉积物中的 PAHs 含量范围为 52.93 ~ 398.50 ng/g, 平均值为 170.30 ng/g, 中位值为 163.10 ng/g。从图 2 平面分布图可以看出, 福建省近岸海域沉积物中 PAHs 含量高于粤东近岸海域, 高值区出现在闽江口周边海域, 总体来看, 呈现由近岸向远岸逐渐下降的趋势。因而推断海域中 PAHs 主要来源于陆源污染, 闽江径流是影响海区沉积物中 PAHs 含量分布的重要因素之一。

本研究海区沉积物中 PAHs 的含量与其他海域的比较见表 1。本海区沉积物中 PAHs 含量略高于南海近岸带, 低于长江口、青岛近海、南黄海中部和渤海表层。总体而言, 本海区沉积物中 PAHs 含量处于较低水平。

### 2.2 PAHs 的组成特征

萘属二环类 PAH, 芘、二氢芘、芴、菲、蒽属三环类, 荧蒽、芘、苯并 (a) 蒽、屈属四环类, 苯并 (b) 荧蒽、苯并 (k) 荧蒽、苯并 (a) 芘、二苯并 (a, h) 蒽属五环类, 茚并 (1, 2, 3-cd) 芘、苯并 (ghi) 芘属六环类。沉积物中 PAHs 的环数组成可反映其区域污染的特征。

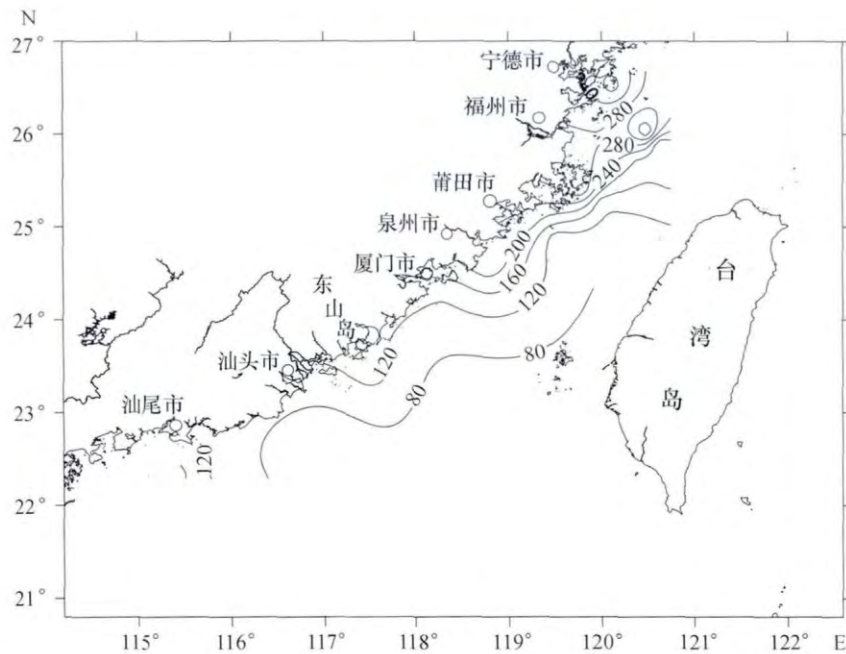


图2 福建和粤东近岸海域沉积物中 PAHs 含量的平面分布

Fig. 2 Horizontal distribution of PAHs concentration in sediments of Fujian and eastern Guangdong coastal waters

表1 不同海区沉积物中 PAHs 含量的比较

Tab. 1 Comparison of PAHs contents in different sea areas

海区	PAHs 含量(平均值) /ng · g <sup>-1</sup>	资料来源
本研究海区	52.93 ~ 398.50(170.30)	本研究
南海近岸带	75 ~ 219(135)	文献[13]
长江口	99.6 ~ 684.4(395.7)	文献[14]
青岛近海	255.77 ~ 1 884.07(684.80)	文献[15]
南黄海中部	90.40 ~ 732.65(299.57)	文献[16]
渤海表层	171 ~ 290(226)	文献[17]

图3 绘出了沉积物中各环数 PAHs 含量的相对比例. 在所有站位均检出二至四环 PAHs, 24 个站位中有 5 个站位未检出五环 PAHs, 15 个站位未检出六环 PAHs. 各环数的所占比例为: 二环占 12.6% ~

64.9%, 平均值为 33.5%; 三环占 18.1% ~ 36.5%, 平均值为 22.6%; 四环占 14.9% ~ 43.8%, 平均值为 29.6%; 五环占 0 ~ 27.1%, 平均值为 12.9%; 六环占 0 ~ 6.0%, 平均值为 1.5%. 值得一提的是, 大部分沉积物样品中萘含量较高, 因萘的分解速度较快, 高含量的萘说明本海域有持续的含萘污染物输入沉积物. 萘主要来源于木材燃烧<sup>[18]</sup> 和原油污染<sup>[19]</sup>, 一些工业和自然过程也可产生少量萘<sup>[20]</sup>. 因此, PAHs 的组成可作为分析其来源的指标之一.

### 2.3 PAHs 的来源分析

海洋沉积物中的 PAHs 主要有 3 个来源: 石油类产品, 高温热解和自然成岩过程. 鉴别 PAHs 的来源对研究 PAHs 在环境中的传输和归趋具有重要意

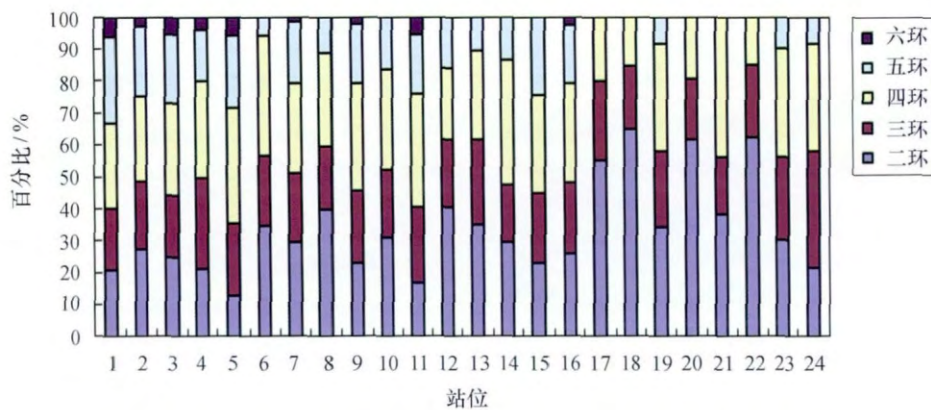


图3 福建和粤东近岸海域沉积物中各环数 PAHs 含量相对比例

Fig. 3 Percentages of 2-3-4-5-6-ring PAHs in sediments of Fujian and eastern Guangdong coastal waters

义.用于甄别 PAHs 污染来源的指标较多,许多研究者应用这些指标对沉积物中的 PAHs 进行溯源研究,如程远梅等(2009)应用不同环数 PAHs 的相对丰度、异构体比值荧蒽/(荧蒽+芘)和茚并(1,2,3-cd)芘/(茚并(1,2,3-cd)芘+苯并(ghi)花)等指标,研究了海河和渤海表层沉积物中 PAHs 的来源<sup>[17]</sup>.胡宁静等(2010)根据不同环数 PAHs 的相对丰度、异构体比值蒽/(蒽+菲)和荧蒽/(荧蒽+芘)等比值,分析了辽东半岛西部海域沉积物中 PAHs 的来源<sup>[21]</sup>.本文基于不同环数 PAHs 数据,选取适当的异构体比值,对研究海区沉积物中 PAHs 进行溯源研究.

### 2.3.1 不同环数 PAHs 的相对丰度

通常把二环和三环的 PAHs 作为低分子质量 PAHs,把四环至六环归为高分子质量 PAHs.高分子质量 PAHs 主要来源于高温燃烧,而低分子质量 PAHs 则大多来源于石油污染或者低、中温热解反应<sup>[18]</sup>.因为 PAHs 的结构和组成相对稳定,故利用不同环数 PAHs 的相对丰度,可以鉴别热解或石油类污染来源.相对丰度以低分子质量和高分子质量 PAHs 含量的比值(LMW/HMW)表征.一般认为,当 LMW/HMW > 1 时,PAHs 主要来自石油污染或者低、中温热解反应;而当 LMW/HMW < 1 时,PAHs 主要来自高温燃烧<sup>[22]</sup>.本研究海区各站位的 LMW/HMW 比值如图 4 所示.

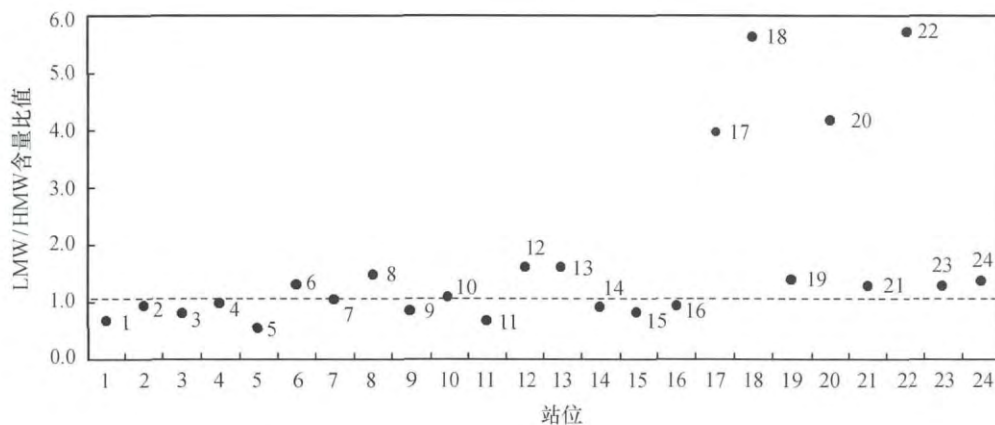


图4 各站位的 LMW/HMW 含量比值

Fig. 4 Content ratio of LMW/HMW at stations

从站位分布来看,LMW/HMW < 1 的站位主要分布在厦门至宁德三沙湾沿岸海域,此结果和袁东星等(2001)在厦门湾和闽江口的研究结果一致<sup>[8]</sup>.厦门以北的福建沿海是经济较发达地区,对煤、石油等的需求量较大,燃料的高温燃烧导致 PAHs 的大量排放.其他站位,特别是 17、18、20、22 号站位的 LMW/HMW 比值明显高于 1,可认为这些站位的 PAHs 主要来源于港口运作、船舶排污等排放所输入的石油类物质.

2.3.2 异构体比值分析 PAHs 的分布和来源十分复杂,仅用 LMW/HMW 单一指标不能全面指示 PAHs 的来源<sup>[17]</sup>.异构体比值分析是对 PAHs 进行源解析的另一种方法.通常运用于源解析的 PAHs 异构体包括分子量为 178 的菲和蒽、分子量为 202 的荧蒽和芘、分子量为 228 的苯并(a)蒽和屈、分子量为 276 的茚并(1,2,3-cd)芘和苯并(ghi)花.其中,分子量为 276 的 PAHs 最为稳定,其次是分子量为 202 的 PAHs<sup>[23-24]</sup>.有研究表明相同分子量的蒽在空气中的光解速度比菲快,这种降解速率的差异可导致污染源和不同沉积物中蒽/(蒽+菲)含量的比值

存在较大的差异<sup>[25]</sup>.本研究中茚并(1,2,3-cd)芘、苯并(ghi)花等在大多数样品中未检出,因此采用荧蒽/(荧蒽+芘)含量的比值来判断海区沉积物中 PAHs 的可能来源.Yunker 等(2002)的研究结果认为荧蒽/(荧蒽+芘) ≥ 0.5,表示主要来源于木材、煤等的燃烧;0.4 < 荧蒽/(荧蒽+芘) < 0.5,表示主要来源于石油及其精炼产品的燃烧;荧蒽/(荧蒽+芘) ≤ 0.4,表示主要来源于石油污染<sup>[19]</sup>.本研究中各样品荧蒽/(荧蒽+芘)比值的计算结果如图 5 所示.

从荧蒽/(荧蒽+芘)比值的分析结果(图 5)来看,13、15、17、18、20、21、22、23 等 8 个站位 PAHs 主要来源于石油污染;1、2、3、4、5、8、10、12、14、16、19 号等 11 个站位的 PAHs 主要来源于石油及其精炼产品的燃烧;6、7、9、11、24 号等 5 个站位的 PAHs 主要来源于木材、煤等的燃烧.从站位分布来看,厦门以北海域沉积物中的 PAHs 主要来自燃烧来源,而厦门以南海域 PAHs 主要来源于石油污染,这个判断结果也在一定程度上印证了不同环数 PAHs 相对丰度的分析结果.



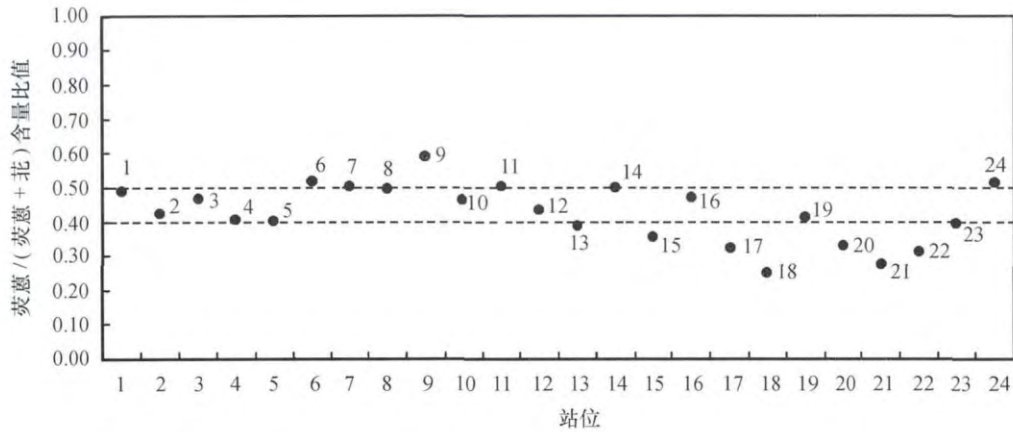


图5 各站位的荧蒽/(荧蒽+芘)含量比值  
Fig. 5 Flu/(Flu + Pye) content ratio at stations

### 2.4 PAHs 的生态风险评价

在沉积物污染研究中,最重要的环节之一就是对环境进行风险评价. 进行风险评价需先确定沉积物污染指标的标准,但是由于污染物种类较多,生物效应有差别,因此沉积物污染标准的确定是很困难的. 国外在这方面做了许多工作,但仍未确立统一的标准<sup>[26]</sup>. 为了客观评价海洋环境沉积物中污染物对生物的潜在毒性效应,Long 等人(1995)在总结前期大量实地研究结果的基础上,提出了用于确定海洋与河口沉积物中有机污染物的潜在生态风险的效应区间低值(Effects Range Low, ERL, 生物有害

效应几率 < 10%) 和生态风险的效应区间中值(Effects Range Median, ERM, 生物有害效应几率 > 10%) 的概念<sup>[27]</sup>. 若有机污染物的浓度小于 ERL 时,对生物体极少产生负面生态效应;若有机污染物的浓度介于 ERL 和 ERM 之间,偶尔会产生负面生态效应;若有机污染物的浓度大于 ERM 时,则会经常产生负面生态效应.

表2 列出了各污染物指标的 ERL 值和 ERM 值,同时给出了本研究海区的含量范围及落在各生态风险效应区间的站位比例.

表2 本海区 PAHs 的 ERL 值和 ERM 值及生态风险评价  
Tab. 2 ERL and ERM values for PAHs and ecological risk assessments in study areas

污染物	ERL/ng · g <sup>-1</sup>	ERM/ng · g <sup>-1</sup>	本研究含量范围 /ng · g <sup>-1</sup>	< ERL 站位 比例/%	介于 ERL 和 ERM 站位比例/%
萘	160	2 100	21.44 ~ 71.70	100	0
芴	44	640	2.21 ~ 8.11	100	0
二氢芴	16	500	0.72 ~ 8.04	100	0
芴	19	540	nd	100	0
菲	240	1 500	5.20 ~ 73.15	100	0
蒽	85	1 100	0.28 ~ 27.26	100	0
荧蒽	600	5 100	1.93 ~ 48.23	100	0
芘	665	2 600	5.68 ~ 68.60	100	0
屈	384	2 800	0.70 ~ 15.58	100	0
苯并(a)蒽	261	1 600	0.70 ~ 13.70	100	0
苯并(b)荧蒽	na	na	nd ~ 30.76	-	-
苯并(k)荧蒽	na	na	nd ~ 11.61	-	-
苯并(a)芘	430	1 600	nd ~ 75.75	100	0
茚并(1,2,3-cd)芘	na	na	nd ~ 9.95	-	-
二苯并(a,h)蒽	63	260	nd	100	0
苯并(ghi)芘	na	na	nd ~ 13.12	-	-
PAHs	4 022	44 792	52.93 ~ 398.50	100	0

注 “na”表示生态效应区间值暂缺 “nd”表示未检出; “-”表示无数据

从表 2 中可以看出, 苯并(b) 荧蒹、苯并(k) 荧蒹、茚并(1,2,3-cd) 芘、苯并(ghi) 芘这 4 种 PAH 的 *ERL* 值和 *ERM* 值暂缺, 暂无法对其进行评价。除此之外的 PAH 同系物、总 PAHs 均低于 *ERL* 值, 说明研究海区沉积物中该污染物对生物体极少产生负面生态效应, 潜在生态风险很小。

### 3 结论

(1) 福建和粤东近岸海域 PAHs 的含量范围为 52.93 ~ 398.50 ng/g, 平均值为 170.30 ng/g。与其他海域相比, 本研究海区沉积物中 PAHs 含量处于较低水平。海域中 PAHs 主要来源于陆源污染, 闽

江径流是影响海区沉积物中 PAHs 含量分布的重要因素之一。

(2) 应用不同环数 PAHs 的相对丰度和异构体比值法, 分析了研究海区沉积物中 PAHs 的来源, 2 种不同的方法得出相似的结论, 即: 厦门以北海域沉积物中的 PAHs 主要来自化石燃料燃烧, 而厦门以南海域 PAHs 主要来源于石油污染。

(3) 沉积物中 PAHs 的生态风险评价结果表明: 除苯并(b) 荧蒹、苯并(k) 荧蒹、茚并(1,2,3-cd) 芘、苯并(ghi) 芘之外的 PAH 同系物和总 PAHs, 对生物体极少产生负面生态效应, 潜在生态风险很小。

### 参考文献:

- [1] Ribes A, Grimalt J O, Garcia C J T, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in mountain soils of the subtropical Atlantic [J]. *Journal Environmental Quality*, 2003, 32: 977-987.
- [2] Doong R, Lin Y. Characterization and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminations in surface sediments and water from Gao-ping River, Taiwan [J]. *Water Research*, 2004, 38(7): 1733-1744.
- [3] 麦碧娴, 林峥, 张千, 等. 珠江三角洲河流和珠江口表层沉积物中有机污染物研究—多环芳烃和有机氯农药的分布及特征 [J]. *环境科学学报*, 2000, 20(2): 192-197.
- [4] Yang R Q, Jiang G B, Zhou Q F, et al. Occurrence and distribution of organochlorine pesticides (HCH and DDT) in sediments collected from East sea [J]. *Environment International*, 2005, 31(6): 799-804.
- [5] Paul C, Hartmann J G. The distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in Narragansett Bay surface sediments [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, 48(3/4): 351-358.
- [6] Viguri J, Verde J, Irabien A. Environmental assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Santander Bay [J]. *Northern Spain Chemosphere*, 2002, 48(2): 157-165.
- [7] Lerario V L, Giandomenico S, Lopez L. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from the Mar Piccolo of Taranto, Ionian Sea, southern Italy [J]. *Annali di Chimica*, 2003, 93(4): 397-406.
- [8] 袁东星, 杨东宁, 陈猛, 等. 厦门西港及闽江口表层沉积物中多环芳烃和有机氯污染物的含量及分布 [J]. *环境科学学报*, 2001, 21(1): 107-111.
- [9] 庄婉娥, 汪厦霞, 姚文松, 等. 泉州湾表层沉积物中多环芳烃的含量分布特征及污染来源 [J]. *环境化学*, 2011, 20(5): 928-934.
- [10] 罗孝俊, 陈社军, 麦碧娴, 等. 珠江及南海北部海域表层沉积物中多环芳烃分布及来源 [J]. *环境科学*, 2005, 26(4): 129-134.
- [11] 国家海洋局. GB17378.5-2007 海洋监测规范第 5 部分: 沉积物分析 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [12] US Environmental Protection Agency (USEPA). SW-846 Method 8100 for PAHs test: Test Methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods, Update III [S]. Washington D. C.: National Technical Information Service (NTIS), 1995.
- [13] 罗孝俊, 陈社军, 麦碧娴, 等. 珠江及南海北部海域表层沉积物中多环芳烃分布及来源 [J]. *环境科学*, 2005, 26(4): 129-134.
- [14] 王波, 李正炎, 傅明珠, 等. 长江口及其邻近海域表层沉积物中多环芳烃的分布和生态风险评价 [J]. *中国海洋大学学报: 自然科学版*, 2007(37): 83-87.
- [15] 王江涛, 谭丽菊, 张文浩, 等. 青岛近海沉积物中多环芳烃、多氯联苯和有机氯农药的含量和分布特征 [J]. *环境科学*, 2010, 31(11): 2713-2722.
- [16] 杨佰娟, 郑立, 陈军辉, 等. 南黄海中部表层沉积物中多环芳烃含量分布及来源分析 [J]. *环境科学学报*, 2009, 29(3): 662-667.
- [17] 程远梅, 祝凌燕, 田胜燕, 等. 海河及渤海表层沉积物中多环芳烃的分布与来源 [J]. *环境科学学报*, 2009, 29(11): 2420-2426.
- [18] Kim E J, Oh J E, Chang Y S. Effects of forest fire on the level and distribution of PCDD/Fs and PAHs in soil [J]. *Science of*

- Total Environment ,2003 ,311: 177-189.
- [19] Yunker M B , Macdonald R W , Vingarzan R , et al. PAHs in the Fraser River Basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition [J]. *Organic Geochemistry* ,2002 ,33: 489-515.
- [20] Khalili N R , Scheff P A , Holsen T M. PAH source fingerprints for coke ovens , diesel and gasoline engines , highway tunnels , and wood combustion emissions [J]. *Atmospheric Environment* ,1995 ,29: 533-542.
- [21] 胡宁静,刘季花,黄朋,等. 辽东半岛西部海域沉积物中多环芳烃的分布特征及潜在风险 [J]. *中国石油大学学报: 自然科学版* ,2010 ,34(5): 44-49.
- [22] Budzinski H , Jones I , Bellocq J. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary [J]. *Marine Chemistry* ,1997 ,58: 85-97.
- [23] Schauer J J , Kleeman M J , Cass G R , et al. Measurement of emissions from air pollution sources. 2. C1 through C30 organic compounds from medium duty diesel trucks [J]. *Environmental Science and Technology* ,1999 ,33(10): 1578-1587.
- [24] Wang Z D , Fingas M , Shu Y Y , et al. Quantitative characterization of PAHs in bum residue and soot samples and differentiation of pyrogenic PAHs from petrogenic PAHs-The 1994 mobile bum study [J]. *Environmental Science and Technology* ,1999 ,33: 3100-3109.
- [25] Fraser M P , Cass G R , Simoneit B R , et al. Air quality moder evaluation data for organics (5): C6-C22 non-polar and semi-polar aromatic compounds [J]. *Environmental Science and Technology* ,1998 ,32: 1760-1770.
- [26] McCauley D J , Degraeve G M , Linton T K. Sediment quality guidelines and assessment: over and research needs [J]. *Environmental Sciences and Policy* ,2000 ,3: 133-144.
- [27] Long E R , Macdonald D D , Smith S L , et al. Incidence of adverse biological effects with ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments [J]. *Environmental Management* ,1995 ,19(1): 81-97.

## Distribution and sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons ( PAHs) in coastal sediment of Fujian and eastern Guangdong

ZHANG Yuan-biao<sup>1,2</sup> , LIN Hui<sup>2</sup> , LU Min<sup>1</sup> , KUANG Wei-ming<sup>2</sup> , SUN Xiu-wu<sup>2</sup> , YUAN Dong-xing<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Marine Environmental Science , Xiamen University , Xiamen 361005 , China;

2. Third Institute of Oceanography , SOA , Xiamen 361005 , China)

**Abstract:** Concentration of PAHs were determined for sediment samples collected from the coastal line of Fujian Province and eastern Guangdong Province. The spatial distribution and sources of PAHs were studied. Based on Long et al. 's model , Ecological risk of PAHs was assessed also in this study. This study is helpful for further understand geochemical behavior of PAHs in coastal sediment environment. The results revealed that the concentrations of PAHs were in the range of 52.93 ~ 398.50 ng/g , with mean of 170.30 ng/g. The spatial distribution indicated that the PAHs in the sediment was mainly from terrigenous input , and Minjiang runoff was an important impact factor on the distribution of PAHs in the sediments. By analysis of the relative abundance of rings and isomer ratio of PAHs , it was found that PAHs in the coastal sediments north to Xiamen Bay were mainly from combustion , whereas other sediments received oil contamination. Ecological risk assessment indicated that in coastal sediment environment PAHs had few negative ecological effect to the living organisms with minimum ecological risk.

**Key words:** marine environmental science; sediment; PAHs; distribution; source; ecological risk

DOI: 10.3969/J. ISSN.2095-4972.2014.03.011

(责任编辑:肖 静)