

三沙湾表层沉积物中有机污染物的含量及风险评价

黄磊,孙桂华,袁晓婕

(国土资源部海底矿产资源重点实验室,广州 510760;中国地质调查局广州海洋地质调查局,广州 510760)

摘要:利用气相色谱/质谱方法对三沙湾表层沉积物中多氯联苯(PCBs)、多环芳烃(PAHs)和有机氯农药(OCPs)进行测定,结果表明,PCBs、PAHs 和 OCPs 的含量均值分别为 1.28、61.76 和 1.18 ng/g。与早期研究结果相比,PCBs 含量浓度明显降低,表明其污染已得到有效控制;PAHs 中高分子量组分普遍存在,通过分析菲/蒽和荧蒽/芘比值,判断其主要来源为燃料的高温燃烧;HCHs 和 DDTs 是主要的有机氯农药污染物,二者的残留特征表明其主要来源为早期历史残留,且表层沉积物受到厌氧微生物降解。总体而言,三沙湾表层沉积物中 PCBs、PAHs 和 OCPs 的污染程度及生态风险均处于较低水平。

关键词:多氯联苯;多环芳烃;有机氯农药;三沙湾;表层沉积物

中图分类号: P736.41

文献标识码: A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2017.08009

有机污染物的疏水亲脂特性使得它们在水体中的含量较低,大部分被水体中的矿物、生物碎屑和胶体物质所吸附,并长久蓄积于环境中难以降解,不但对水生生态环境造成长远危害,而且会通过饮用水源、食物链等传递方式危害人类健康^[1-4]。研究有机污染物在环境水体沉积物中的时空分布特征,对从根本上控制环境污染和开展环境治理有着重要的指导意义。

三沙湾位于福建省东北部沿海,水域开阔,是天然良港。该湾汇集了 8 县(市)8 700 km² 流域面积的溪、河,是多种水产动物的繁育场,具有独特的海洋生态环境,长期以来一直与人类社会发展密切相关^[5]。近年来随着人类生产活动的加

剧,三沙湾生态环境污染问题日益突出,研究表明三沙湾近海水体富营养化程度较高^[6],沉积物中个别重金属富集严重^[7],然而对沉积物受有机物污染的状况报道较少。本文通过对三沙湾表层沉积物中优控有机污染物多氯联苯、多环芳烃和有机氯农药的含量及分布作初步研究,明确当前三沙湾地区水体沉积物中的有机污染现状,并对可能出现的生态风险做出评价。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2013 年 5—6 月在福建三沙湾海域采集了 11 个表层沉积物样品(图 1)。用蚌式抓斗取样器采集,取表层未受扰动的部分,采样厚度约 2 cm,样品采集后装入棕色磨口玻璃瓶,于-20℃冰箱中冷冻保存至分析。

收稿日期:2017-05-15

基金项目:国家海洋地质调查专项(GZH201200501,1212011220118)

作者简介:黄磊(1984—),男,硕士,工程师,主要从事水文地球化学、海岸带环境地质方面的研究工作。E-mail:lei841004@163.com

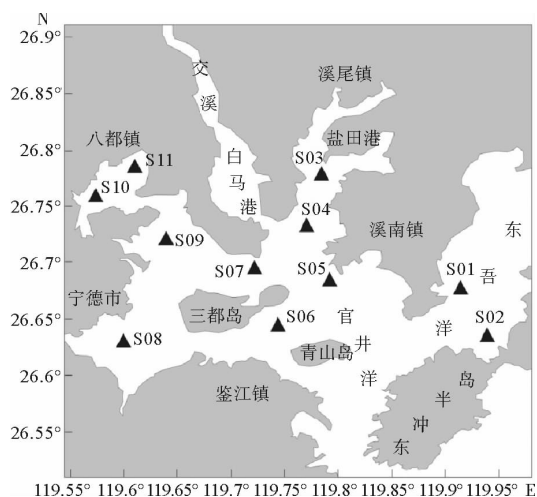


图 1 三沙湾表层沉积物采样站示意图

Fig. 1 Sampling sites of surface sediment in Sansha Bay

1.2 样品处理

表层沉积物样品冷冻干燥后研磨,称取 15~20 g 样品研磨过 200 目筛,用正己烷和丙酮(体积比为 1:1)索氏提取 16 h,提取液旋转蒸发浓缩至 1.5 mL,再通过装有 1 g 无水硫酸钠和 3 g 氧化铝的层析柱净化,用正己烷和丙酮依次淋洗,淋洗液经旋转蒸发浓缩,最后用氮气吹至 1 mL 待测。

1.3 样品分析

采用日本岛津 QP-2010 plus 气相色谱/质谱仪、安捷伦 7890A 气相色谱/电子捕获检测器进行测试分析。溶剂萃取仪为美国戴安 ASE200,所用试剂丙酮、正己烷、二氯甲烷等均购自百灵威公司。

多氯联苯 (PCBs) 测试内容包括: PCB28、PCB52、PCB77、PCB101、PCB105、PCB114、PCB118、PCB123、PCB126、PCB138、PCB153、PCB156、PCB167、PCB169、PCB180、PCB189; 多环芳烃 (PAHs) 测试内容包括: 萘、苊、二氢苊、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并(a)蒽、屈、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)芘。有机氯农药 (OCPs) 测试内容包括: α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH、 δ -HCH、Aldrin、Dieldrin、Endrin、Heptachlor、

Heptachlor epoxide、 α -Chlordane、 γ -Chlordane、 α -endosulfan、 β -endosulfan、p,p'-DDD、p,p'-DDT、p,p'-DDE、Endrin aldehyde、Endosulfan sulfate、Endrin ketone、Methoxychlor。

1.4 质量控制与保证 (QA/QC)

在样品分析过程中,增加 EPA 的 QA/QC 控制样品分析^[8]: 方法空白、加标空白、基质加标样、基质加标平行样、样品平行样分析。空白加标回收率在 80%~120% 之间,所有空白测试结果均低于检出限。每批次试剂均分析试剂空白,每分析一批样品至少做一个空白,仪器每 12 h 做一次溶剂空白以检查仪器污染状况,每分析 20 个样品做一次标样控制误差。

2 结果与讨论

2.1 沉积物中的多氯联苯

2.1.1 多氯联苯的含量及分布

研究区表层沉积物中多氯联苯的组成及含量见表 1。PCBs 总量范围为 0.24~3.05 ng/g,平均值为 1.28 ng/g,检出率达 100%。PCBs 在不同区域的含量差异较大,表明沉积物受到的污染程度不同。高值区主要位于东冲半岛近岸(3.05 ng/g)、白马港港口(2.70 ng/g)以及三都岛和青山岛邻近海区(1.69 ng/g),其他区域沉积物中 PCBs 含量较低。

2.1.2 多氯联苯的污染风险评价

根据我国目前制定的海洋沉积物质量标准 (GB 18668-2002),调查区所有站位沉积物样品中 PCBs 含量均低于一类指标要求(20 ng/g)。与国内其他区域相比,研究区 PCBs 平均含量水平低于莱州湾、渤海湾,与钦州湾、黄河口相近,远低于污染较严重的闽江口、珠江口、长江口地区(表 2),整体属于轻度污染水平。与王宪^[16]在 2002 年对该区域报道的结果相比(3.96 ng/g),研究区沉积物中多氯联苯的浓度明显降低,表明近十年来环境治理工作取得显著成效,污染源头得到较好控制。

表 1 表层沉积物中多氯联苯的组成及含量

Table 1 Composition and concentrations of PCBs in surface sediments

/(ng/g)

PCBs	采样站位										
	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11
PCB28	nd	nd	0.06	0.03	nd	0.03	nd	nd	nd	0.04	nd
PCB52	nd	nd	0.14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB77	0.36	0.30	nd	0.23	nd	0.29	0.21	0.17	0.18	0.17	nd
PCB101	0.01	nd	nd	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	0.02	nd
PCB105	nd	0.02	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB114	0.08	0.02	0.03	0.02	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd
PCB138	0.53	2.69	nd	2.24	0.66	1.31	0.54	0.90	0.80	0.78	0.92
PCB156	nd	0.02	nd	0.13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PCB169	nd	nd	nd	0.02	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd
PCB189	nd	nd	nd	0.03	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	nd
ΣPCBs	0.98	3.05	0.23	2.70	0.68	1.69	0.76	1.07	0.98	1.01	0.92

注:nd 表示未检出,下同。因 PCB118、PCB123、PCB126、PCB153、PCB167、PCB180 在所有样品中均未检出,故数据未列在表中。

表 2 其他海域表层沉积物中多氯联苯的含量

Table 2 Mass concentrations of PCBs in surface sediments in other sea areas

/(ng/g)

研究区域	PCBs 含量范围	平均值	采样年份	文献来源
三沙湾	0.24~3.05	1.28	2013	本研究
莱州湾	nd~48.40	15.43	2009	[9]
渤海湾	0.34~35.00	4.40	2006	[10]
钦州湾	0.23~6.26	1.07	2010	[11]
黄河口	0.70~2.40	1.30	1997	[12]
闽江口	15.13~57.93	34.49	1999	[13]
珠江口	11.54~485.45	65.40	1997	[14]
长江口	18.66~87.31	41.65	2006	[15]

2.2 沉积物中的多环芳烃

2.2.1 多环芳烃的含量及分布

研究区表层沉积物中多环芳烃的组成及含量见表 3。表层沉积物中除茛苳苯(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽外,各点 PAHs 组分均普遍检出。16 种 PAHs 浓度范围介于 8.42~352.97 ng/g 之间,平均值为 61.76 ng/g。PAHs 含量最高值出现在 S02 站位,其次是 S08、S09、S04、S10 站位,从整体分布情况来看,含量较高的站位多集中在拥有城镇和港口的近岸区,船舶排放的含油废水以及城市生活污水可能是 PAHs 的主要来源。

2.2.2 多环芳烃的组成及来源

环境中 PAHs 的来源比较复杂,不同的来源使 PAHs 在组成上具有较大差异^[17],可以用 PAHs 组分的组成特征来判断污染源。Baumard 等^[18]研究认为同时对菲/蒽以及荧蒽/芘的比值进行分析,可对沉积物中 PAHs 的来源作出较准确的判断。Sicre 等^[19]认为:荧蒽/芘<1 时,表明沉积物中 PAHs 主要来源于石油源;荧蒽/芘>1 时,表明 PAHs 主要来源于燃料的高温燃烧。此外,由于在热力学性质上菲比蒽更稳定,石油来源的菲/蒽值通常很高,而高温燃烧源的菲/蒽较低。Gschwend 等^[20]提出,菲/蒽>10,沉积物中 PAHs 主要来源于石油泄漏;菲/蒽<10,PAHs 主要来源于燃料的消耗。

表 3 表层沉积物中多环芳烃的组成及含量

Table 3 Composition and concentrations of PAHs in surface sediments

/(ng/g)

PAHs	采样站位										
	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11
萘	0.37	2.55	3.23	2.34	2.41	2.79	3.14	2.48	2.94	2.32	1.60
苊	0.04	0.20	0.12	0.23	0.10	0.18	0.09	0.17	nd	0.17	0.14
二氢苊	nd	1.75	0.55	0.26	nd	0.5	0.28	0.21	0.63	0.13	0.10
芴	nd	6.61	1.08	1.08	0.66	1.04	0.66	5.00	5.19	0.60	0.58
菲	1.15	43.03	3.13	5.79	2.31	3.49	2.63	17.75	18.16	3.85	2.82
蒽	0.19	2.01	0.38	0.85	0.26	0.56	0.39	0.40	0.88	0.47	0.42
荧蒽	1.55	61.56	4.38	8.53	3.65	5.13	4.03	6.63	6.68	6.76	5.20
芘	1.15	50.65	3.60	6.75	3.93	4.02	3.23	7.10	7.46	9.11	4.45
苯并(a)蒽	0.55	19.22	2.01	4.20	1.34	2.71	2.36	2.25	2.40	3.12	2.37
屈	0.97	33.41	2.2	4.89	1.61	3.21	2.26	2.71	2.93	5.07	2.71
苯并(b)荧蒽	1.14	42.25	nd	1.39	nd	4.51	3.00	4.22	nd	2.77	4.52
苯并(k)荧蒽	nd	2.89	1.02	1.85	0.90	nd	nd	nd	1.47	1.30	nd
苯并(a)芘	0.79	22.36	1.05	3.11	0.67	2.56	1.48	1.43	1.58	2.32	1.80
茚并(1,2,3-cd)芘	nd	10.59	nd	nd	nd	nd	nd	025	nd	nd	nd
二苯并(a,h)蒽	nd	1.19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
苯并(g,h,i)芘	0.51	15.35	1.32	2.87	0.65	2.86	1.36	1.55	1.65	2.16	1.77
ΣPAHs	8.42	352.97	24.07	44.13	18.49	33.55	24.91	52.13	51.99	40.16	28.48

分别计算研究区各采样点的菲/蒽和荧蒽/芘比值(图 2)。结果表明研究区内 PAHs 的来源具有明显的地域特征:S01、S03、S04、S06、S07、S11 站位的菲/蒽<10 且荧蒽/芘>1,说明这些区域内 PAHs 的主要来源是燃料的高温燃烧;S08、S09 站位的菲/蒽>10 且荧蒽/芘<1,表明石油源是 PAHs 的主要来源;S02、S05、S10 的菲/蒽和荧蒽/芘值表明环境中的 PAHs 是混合来源。

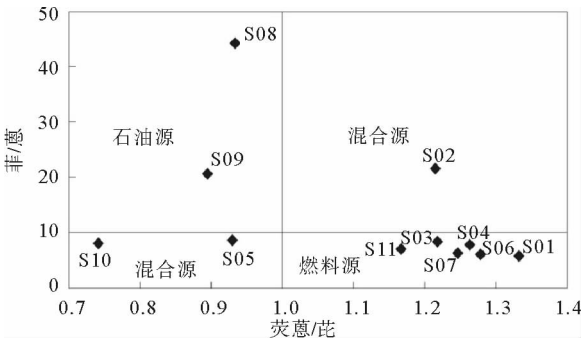


图 2 表层沉积物中多环芳烃的来源分析

Fig.2 Diagnostic ratios for source identification of PAHs in surface sediments

2.2.3 多环芳烃的污染风险评价

根据 Long 等^[21]提出的生物影响范围低值(ERL)和生物影响范围中值(ERM)概念:当沉积物中 PAHs 浓度小于 ERL,对生物无明显毒副作用;当浓度在 ERL 和 ERM 之间时,具有轻微毒副作用;当浓度高于 ERM,则具有明显的毒副作用。本研究区海域表层沉积物中 PAHs 组分含量均小于 ERL 值,但这并不意味着 PAHs 污染不会对环境内生物造成危害。Long 等^[21]认为苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘和苯并(g,h,i)芘这些高分子量 PAHs 组分并没有最低安全值,这些物质只要存在于环境中就会产生负面生态效应,而本研究区域内除茚并(1,2,3-cd)芘外,其余几种高分子 PAHs 组分均普遍检出,表明调查海域的表层沉积物中 PAHs 已具有潜在的生态风险,应引起足够的重视。

2.3 沉积物中的有机氯农药

2.3.1 有机氯农药的含量及分布

研究区表层沉积物中有机氯农药的组成及含

量见表 4。OCPs 在所有表层沉积物样品中均有检出,说明 OCPs 残留在三沙湾表层沉积物中普遍存在,其总量范围为 0.28~1.83 ng/g,平均值为 1.18 ng/g。从农药类别来看,六六六类(HCHs)总量范围为 0.09~0.52 ng/g,均值为 0.23 ng/g;滴滴涕类(DDTs)总量范围为 0.28~

1.28 ng/g,均值为 0.57 ng/g;其他含氯农药总量范围为 0.01~0.88 ng/g,均值为 0.38 ng/g。OCPs 总量>1 ng/g 的有 7 个站位,依次为 S06、S10、S01、S02、S03、S09 和 S04,其余 4 个站位 OCPs 总量均<1 ng/g,整体来看,研究区表层沉积物中有机氯农药残留量普遍较低。

表 4 表层沉积物中有机氯农药的组成及含量											
Table 4 Composition and concentrations of OCPs in surface sediments											/(ng/g)
OCPs	采样站位										
	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11
α-HCH	0.01	nd	0.02	0.02	nd	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
β-HCH	0.08	0.21	0.07	0.07	0.16	0.20	0.25	0.34	0.36	0.39	0.05
γ-HCH	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
δ-HCH	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd	0.01	0.11	0.02
ΣHCH	0.09	0.21	0.13	0.09	0.16	0.22	0.26	0.35	0.39	0.52	0.10
p,p'-DDE	0.12	0.22	0.11	0.16	0.01	0.20	0.08	0.14	0.15	0.04	0.19
p,p'-DDD	0.79	0.45	0.20	0.45	0.07	0.59	0.37	0.28	0.37	0.24	0.34
p,p'-DDT	0.37	0.09	nd	0.10	0.03	0.08	0.04	nd	0.03	nd	nd
ΣDDT	1.28	0.76	0.31	0.71	0.11	0.87	0.49	0.42	0.55	0.28	0.53
其他含氯农药总量	0.28	0.43	0.85	0.29	0.01	0.74	0.04	0.15	0.22	0.88	0.24
ΣOCPs	1.65	1.40	1.29	1.09	0.28	1.83	0.79	0.92	1.16	1.68	0.87

注: ΣHCH、ΣDDT、ΣOCPs 分别代表六六六类农药总量、滴滴涕类农药总量和有机氯农药总量。

2.3.2 有机氯农药的组成及来源

研究区表层沉积物样品中 HCHs 和 DDTs 的检出率均达 100%,并且 HCHs 和 DDTs 的含量分别占 ΣOCPs 的 19.45%和 48.69%,两者的总含量占 ΣOCPs 的 68.14%,其他含氯农药中仅 Heptachlor 和 Endosulfan sulfate 各占 10%左右,其余组分占比均<5%。因此,主要针对 HCHs 和 DDTs 两类农药进行讨论。

从表 4 可见,三沙湾表层沉积物 HCHs 异构体组成中 β-HCH 含量最高,占 HCHs 的 86.51%,其他 3 种异构体所占比例分别为 6.35%(α-HCH)、0.79%(γ-HCH)、6.35%(δ-HCH)。在 HCHs 各异构体中,β-HCH 的稳定性和抗降解能力最强^[22],环境中的 α-HCH 和 γ-HCH 随着时间的推移也会转化为 β-HCH,因此随着 HCHs 残留时间的延长,β-HCH 在环境中的相对含量会呈逐渐增高的趋势^[23]。由此可以推断,研究区表层沉积物中的 HCHs 污染物主要

来源为历史残留,近期未有新的 HCHs 污染源输入。

在自然环境中,DDTs 在好氧条件下通过微生物降解为 p,p'-DDE,在厌氧条件下降解为 p,p'-DDD^[24]。如果没有新的 DDTs 输入,则 DDTs 的含量就会随时间的延长不断降低,而相应的降解产物含量会不断增高。因此,常用 DDD/DDE 和(DDD+DDE)/DDTs 来指示 DDTs 的降解环境及来源^[25]。从表 4 可见,DDTs 异构体组成中 p,p'-DDE 和 p,p'-DDD 的含量最高,分别占 22.50%和 65.77%;p,p'-DDT 含量仅占 11.73%。表层沉积物的(DDD+DDE)/DDTs 比值均>0.5,表明研究区近期无明显的 DDTs 农药输入;表层沉积物的 DDD/DDE 比值均>1,表明研究区表层沉积物中 DDTs 主要以厌氧降解为主。

2.3.3 有机氯农药的污染风险评价

根据 Long 等^[21]给出的毒性评价标准,风险

评估低值 ERL(effects range-low,生物效应几率<10%)、风险评估中值 ERM(effects range-median 生物效应几率>50%)来评价沉积物中有机污染物的风险程度。按照这个毒性评价标准,对三沙湾表层沉积物中有机氯农药的风险程度进行

评估,结果见表 5。可以看出在研究区表层沉积物中,DDT、DDD、DDE、DDTs 和 HCHs 都低于 ERL 值,说明研究区表层沉积物中的有机氯农药生态风险程度较低。

表 5 研究区表层沉积物中 OCPs 与 ERL 及 ERM 值比较

Table 5 Comparisons of OCPs in the surface sediments from Sansha Bay with ERL and ERM

化合物	ERL /(ng/g)	ERM /(ng/g)	沉积物中农药 浓度/(ng/g)	<ERL 的 比例/%	ERL—ERM 的 比例/%	>ERM 的 比例/%
DDT	1.0	7.0	nd~0.37	100	0	0
DDD	2.0	20.0	0.07~0.79	100	0	0
DDE	2.2	27.0	0.01~0.22	100	0	0
DDTs	1.58	46.1	0.11~1.28	100	0	0
HCHs	3.0	12 000	0.09~0.52	100	0	0

3 结论

(1)三沙湾表层沉积物中多氯联苯含量较低,分布差异较大。与国内其他海域相比,整体处于轻度污染水平。与该区早期研究结果相比,多氯联苯的浓度明显降低,表明污染源得到有效控制。

(2)三沙湾表层沉积物中多环芳烃含量较高的区域多集中在拥有城镇和港口的近岸海域。燃料的高温燃烧是区内 PAHs 的主要来源。高分子量 PAHs 组分普遍存在,表明调查海域的表层沉积物中 PAHs 已具有潜在生态风险。

(3)三沙湾表层沉积物中有机氯农药残留普遍存在,但含量不高。其中 HCHs 主要以 β-HCH 形式存在,DDTs 主要以 DDD 和 DDE 的形式存在,其来源主要为历史残留,且表层沉积物受到厌氧微生物降解。总体来说,研究区表层沉积物中的有机氯农药的生态风险较低。

参考文献:

[1] Mangani F, Crescentini G, Sisti E, et al. PAHs, PCBs and chlorinated pesticides in Mediterranean coastal sediments [J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 1991, 45: 89-100.

[2] Hong H, Xu L, Zhang L, et al. Environmental fate and chemistry of organic pollutants in the sediment of Xiamen and Victoria Harbors[J]. Marine Pollution Bulletin, 1995,

31(4):229-236.

[3] 康跃惠, 麦碧娴, 黄秀娥, 等. 珠江三角洲地区水体表层沉积物中有机污染状况初步研究[J]. 环境科学学报, 2000, 9(20):164-170.

[4] 王若师, 张 娴, 许秋瑾, 等. 东江流域典型乡镇饮用水源地有机污染物健康风险评价[J]. 环境科学学报, 2012, 11(32):2874-2883.

[5] 陈 强, 阎希柱, 王 松, 等. 福建三沙湾滩涂表层沉积物污染物特征及生态风险评价[J]. 海洋湖沼通报, 2014, 2(7): 37-44.

[6] 刘义峰. 三沙湾海水中磷的分布和富营养化研究[J]. 环境保护科学, 2013, 39(4):43-47.

[7] 蔡清海, 杜 琦, 钱小明. 福建三沙湾海洋沉积物中重金属和微量元素的研究[J]. 沉积学报, 2007, 25(3):456-460.

[8] US EPA. Test methods for evaluating solid waste. IB: Laboratory Manual, Physical/ Chemical Methods[S]. 1986.

[9] 郭军辉, 殷月芬, 韩 彬, 等. 莱州湾表层沉积物中多氯联苯的测定方法及分布特征探究[J]. 中国环境监测, 2011, 27(3):35-41.

[10] 王 泰, 黄 俊, 余 刚. 海河与渤海湾沉积物中 PCBs 和 OCPs 的分布特征[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2008, 48(9):82-85.

[11] 李源媛, 王英辉, 李平阳, 等. 钦州湾表层沉积物中多氯联苯的分布特征及风险评价[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(5):698-701.

[12] Wu Y, Zhang J, Zhou Q. Persistent organochlorine residues in sediments from Chinese river/estuary systems[J]. Environmental Pollution, 1999, 105:143-150.

[13] 张祖麟, 洪华生, 余 刚. 闽江口持久性有机污染物——多氯联苯的研究[J]. 环境科学学报, 2002, 22(6):788-791.

[14] Kang Y H, Sheng G Y, Fu J M. Polychlorinated biphenyls

in surface sediments from the Pearl River Delta and Macau [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2000, 40(9): 794-797.

[15] 黄宏,尹方,吴莹,等. 长江口表层沉积物中多氯联苯残留和风险评价[J]. *同济大学学报:自然科学版*, 2011, 39(10): 1500-1505.

[16] 王宪,李文权,张钊. 福建省近岸港湾沉积物质量状况[J]. *海洋学报*, 2002, 24(4): 127-131.

[17] 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.

[18] Baumard P, Budzinski H, Garrigues P. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and mussels of the western Mediterranean Sea [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1998, 17(5): 765-776.

[19] Sicre M A, Marty J C, Salot A. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in different sized aerosols over the Mediterranean Sea; Occurrence and origin[J]. *Atmospheric Environment*, 1987, 21: 2247- 2259.

[20] Gschwend P M, Hires R A. Fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons to marine and lacustrine sediments in the

northeastern United States[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1981, 45: 2359-2367.

[21] Predicting toxicity in marine sediments with numerical sediment quality guidelines[J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1998, 17(4): 714-727.

[22] Long E R, Field L J, MacDonald D R, et al. Distribution and fate of organochlorine pollutants in the Pearl River Estuary[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1999, 39: 376-382.

[23] 黄婉玉,杨洋,滕明德,等. 万峰湖表层沉积物有机氯农药的分布特征与风险评价[J]. *贵州农业科学*, 2015, 43(4): 104-108.

[24] Hitch R K, Day H R. Unusual persistence of DDT in some western USA soils[J]. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 1992, 48(2): 259-264.

[25] Wilfred E, Frances D, John B, et al. Distributions and fate of chlorinated pesticides, biomarkers and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments along a contamination gradient from a point-source in San Francisco Bay, California[J]. *Marine Environmental Research*, 1994, 41(3): 299-314.

CONCENTRATIONS OF ORGANIC POLLUTANTS IN SURFACE SEDIMENTS OF THE SANSHA BAY AND RISK EVALUATION

HUANG Lei, SUN Guihua, YUAN Xiaojie

(Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Guangzhou 510760, China; Guangzhou Marine Geological Survey, China Geological Survey, Guangzhou 510760, China)

Abstract: PCBs, PAHs and OCPs were measured by means of gas chromatography-mass spectrometry for the surface sediments collected from the Sansha Bay. The results showed that the concentrations of PCBs, PAHs and OCPs were 1.28, 61.76 and 1.18 ng/g respectively. Compared with the research results earlier, PCBs content decreased obviously. It means that the pollution state of PCBs had been controlled effectively. According to the ratio of P/A and Fl/Py, the release from combustion of fuel was one of the most major sources of PAHs in this area. HCHs and DDTs were the main pollutants in OCPs. Source analysis suggests that HCHs and DDTs were mainly from historical residues of early usage, and DDTs were decomposed by anaerobic microbial degradation in surface sediment. In conclusion, the concentration of PCBs, PAHs and OCPs suggest that the potential risk of environmental pollution was low in the Sansha Bay for the time being.

Key words: polychlorinated biphenyls; polycyclic aromatic; organochlorine pesticides; Sansha Bay; surface sediment