

广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区水体和沉积物中石油类含量与分布特征

刘芳¹,柯盛²,周立喜¹,陈成琼¹,陈耀¹

(1. 广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区管理局 湛江 524200; 2. 广东海洋大学 湛江 524088)

摘要:为了探讨广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区海域水体和沉积物中石油类的含量及其分布特征,文章于2017年和2018年分别对保护区海域的石油类进行了调查。结果表明,保护区表层水体石油类含量为0.003~0.066 mg/L,平均含量为0.015 mg/L,平均污染指数为0.30,保护区水体中的石油类基本符合一类海水水质标准。保护区表层沉积物中石油类含量为3.0~54.8 mg/kg,平均值为11.109 mg/kg,符合海洋沉积物第一类质量标准。保护区水体和沉积物中石油类含量的变化规律基本相似,但是沉积物中石油类含量的变化更大。根据调查数据分析,保护区水体中石油类的主要来源是保护区社区小型渔船航行排放的石油类,以及保护区周边渔船在航行过程排放的石油类扩散到保护区海域。

关键词:石油类;污染指数;海洋自然保护区;海水;沉积物;分布特征

中图分类号:X55;P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2020)01-0069-06

Petroleum Content and Distribution Characteristics in the Seawater and Sediment of Guangdong Leizhou Rare Marine Life National Nature Reserve

LIU Fang¹, KE Sheng², ZHOU Lixi¹, CHEN Chengqiong¹, CHEN Yao¹

(1. Guangdong Leizhou Rare Marine Life National Nature Reserve, Zhanjiang 524200, China;

2. Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: In order to research the petroleum content and distribution characteristics in the seawater and sediment of Guangdong Leizhou Rare Marine Life National Nature Reserve, this paper investigated the petroleum content of the Reserve in 2017 and 2018 respectively. The results showed that the petroleum content in the seawater of the Reserve was 0.003~0.066 mg/L, the average content was 0.015 mg/L, and the average pollution index was 0.30. The petroleum content in the seawater of the Reserve basically accorded with the first class seawater quality standard. The content of petroleum in the surface sediment of the Reserve was 3.0~54.8 mg/kg and the average content was 11.109 mg/kg, which accorded with the first quality standard of marine sediment. The change rule of petroleum content in the seawater and sediment of the Reserve was basically similar, but the change of petroleum content in sediment was greater. According to

the analysis of survey data,the main sources of petroleum in the seawater of the Reserve originated from the petroleum discharged by small fishing boats of the Reserve Community during navigation,and other source came from the fishing boats around the Reserve spreading petroleum to the sea area of the Reserve during navigation.

Key words: Petroleum, Pollution index, Marine Nature Reserve, Seawater, Sediment, Distribution characteristics

0 引言

近年来,随着经济的迅速发展,人类活动日益频繁,石油污染已经是我国近海最主要的污染问题之一。石油进入海洋后,会在海面形成一层厚度不均匀的薄膜,阻碍海-气界面间的气体、能量和水分交换,影响浮游植物的光合作用,毒害海洋生物^[1]。广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区(以下简称保护区)位于雷州半岛西部海域,主要保护对象为珍稀海洋生物及其栖息地,包括儒艮、中华白海豚、大珠母贝(白蝶贝)、文昌鱼、绿海龟、棱皮龟、玳瑁、江豚、宽吻海豚等国家Ⅰ、Ⅱ级重点保护动物,以及珊瑚礁、海藻场和红树林等典型海洋生态系统^[2]。调查保护区海域水体和沉积物中石油类的含量和分布特征,以掌握保护区海洋环境状况,为保护珍稀海洋生物提供数据支持和决策依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集和分析方法

本研究在保护区内设置 7 个调查站位(图 1),海水样品采集时间分别为:2017 年 3 月、10 月、12 月;2018 年 1 月、3 月、7 月、10 月、12 月,表层沉积物样品采集时间为 2017 年 12 月和 2018 年 1 月。样品的采集参照 GB12763.0—2007 进行,海水石油类采用 GB17378.7—2007/13.2 紫外可见分光光度法进行测定,沉积物中的石油类则采用《海洋监测规范》GB17378.5—2007/13.2 紫外可见分光光度法进行测定。

1.2 评价方法

本研究分别以 GB3097—1997 海水水质标准^[3]一类标准和 GB18668—2002^[4]海洋沉积物质量标准一类标准作为评价标准,采用单因子污染指数评价法对保护区的水体和沉积物中石油类质量进行

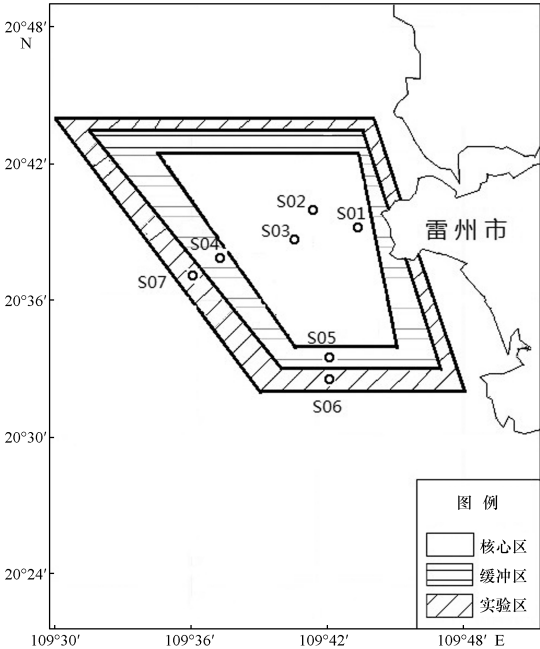


图 1 保护区石油类调查站位分布

评价。评价公式^[5]为: $P_i = C_i / C_s$;式中 P_i 为评价因子的污染指数; C_i 为各评价因子的实测浓度值; C_s 为评价因子的评价标准值。其中,采用一类海水水质标准石油类含量的评价标准值为 0.05 mg/L,一类海洋沉积物石油类含量的评价标准值为 500.0 mg/kg。海水中石油类污染因子的分级见表 1。

表 1 海水水质状况分级^[6]

石油类污染指数 (P_i)	分级	质量评价
<0.4	1	自然本底
0.4~0.6	2	清洁
0.6~0.8	3	较清洁
0.8~1.0	4	轻度污染
1.0~2.0	5	污染
>2.0	6	严重污染

2 结果

果见表 2。

2.1 表层海水石油类含量及污染状况评价

保护区表层海水各站位石油类含量的分析结

表 2 保护区表层海水石油类含量								mg/L
站位	2017 年			2018 年				
	3 月	10 月	12 月	1 月	3 月	7 月	10 月	12 月
1	0.018	0.034	0.021	0.023	<0.003	<0.003	0.008	0.02
2	0.012	0.020	0.016	0.008	<0.003	<0.003	<0.003	0.016
3	0.024	0.019	0.029	0.008	<0.003	<0.003	<0.003	0.023
4	0.005	0.031	0.025	0.010	<0.003	<0.003	0.010	0.016
5	0.028	0.018	0.055	0.008	0.046	<0.003	<0.003	0.017
6	0.066	0.010	0.027	0.007	0.025	<0.003	<0.003	0.019
7	0.020	0.019	0.020	0.008	<0.003	<0.003	0.018	0.016

注:根据《近岸海域海洋环境监测技术规范》^[7],当测定结果低于分析方法的最低检出浓度时,用“<DL”表示,并按 1/2 最低检出浓度值参加统计处理。

由表 2 可知,保护区表层海水的石油类含量浓度范围为 0.003~0.066 mg/L,平均含量为 0.015 mg/L。最大值出现在 2017 年 3 月的 6 号站位,含量为 0.066 mg/L,含量小于 0.003 mg/L 的站位有:2018 年 7 月的全部站位,2018 年 3 月的 1 号、2 号、3 号、4 号和 7 号站位,以及 2018 年 10 月的 2 号、3 号、5 号和 6 号站位。

从调查结果来看,2017 年保护区表层海水的石

油类平均含量为 0.025 mg/L,2018 年的平均含量为 0.009 mg/L,2017 年的平均含量明显大于 2018 年。5 号站位表层海水石油含量的平均值 0.022 mg/L,是平均含量最高的站位,2 号站位表层海水石油含量的平均值 0.010 mg/L,是平均含量最低的站位。

表 3 中,质量评价为自然本底的站位有 38 个,清洁的站位有 13 个,较清洁的站位有 2 个,轻度污染的站位有 1 个,污染的站位有 2 个。

表 3 保护区表层海水石油类含量污染状况评价								
站 位	2017 年			2018 年				
	3 月	10 月	12 月	1 月	3 月	7 月	10 月	12 月
1	0.36	0.68	0.42	0.46	0.03	0.03	0.16	0.40
2	0.24	0.40	0.32	0.16	0.03	0.03	0.03	0.32
3	0.48	0.38	0.58	0.16	0.03	0.03	0.03	0.46
4	0.10	0.62	0.50	0.20	0.03	0.03	0.20	0.32
5	0.56	0.36	1.10	0.16	0.92	0.03	0.03	0.34
6	1.31	0.20	0.54	0.14	0.50	0.03	0.03	0.38
7	0.40	0.38	0.40	0.16	0.03	0.03	0.36	0.32

保护区表层海水石油类平均污染指数为 0.30,处于自然本底水平。其中,自然本底、清洁、较清洁的站位占 94.64%,轻度污染和污染的站位占 5.36%。整体而言,保护区表层海水的石油类含量

符合一类海水水质标准。

2.2 表层沉积物中石油类含量及污染状况评价

保护区表层沉积物中石油类含量及污物状况评价见表 4。其中,站位 2 和站位 3 的底质为玄武岩底

质,没有采集到沉积物样品。2018 年 1 月,站位 1 采集的样品主要是沙,没有进行石油类含量的测定。

表 4 表层沉积物中石油类含量和污染状况评价

站位	石油类含量/(mg·kg ⁻¹)			污染指数			超标率
	2017 年 12 月	2018 年 1 月	平均值	2017 年 12 月	2018 年 1 月	平均值	(>500 mg·kg ⁻¹) %
1	17.50	—	17.500	0.035	—	0.035	0
4	11.10	<3.0	6.300	0.022	0.003	0.013	0
5	8.30	<3.0	4.900	0.017	0.003	0.010	0
6	54.80	<3.0	28.150	0.110	0.003	0.056	0
7	9.70	3.25	6.475	0.019	0.007	0.013	0
均值	20.280	1.938	11.109	0.041	0.004	0.022	0

注:根据《近岸海域海洋环境监测技术规范》^[7],当测定结果低于分析方法的最低检出浓度时,用“<DL”表示,并按 1/2 最低检出浓度值参加统计处理。

由表 4 可知,2017 年 12 月保护区表层沉积物中石油类平均含量 20.280 mg/kg,远大于 2018 年 1 月的平均含量 1.938 mg/kg,与水体的分布规律相似,即水体中的石油类含量高,其对应沉积物中石油烃的含量也高。各站位平均污染指数为 0.022,各站位均没有超出一类海洋沉积物质量标准。

3 讨论

3.1 保护区水体中石油类的来源

石油类的成分十分复杂,由多种烷烃、芳烃、烯烃和杂环芳烃等复杂分子结构组成^[1]。海洋环境中的石油烃主要来自石油开采、溢油事故、船舶运输、大气沉降和陆源排放等^[8-9]。人为活动是石油烃进入海洋环境的主要途径,尤其是在近岸及河口区域^[10]。保护区沿岸没有大型的工矿企业,保护区内禁止石油开采、拖网、挖沙等作业,保护区海域有社区渔民的小型流刺网渔船航行,保护区沿岸有少量养殖废水排放。

3.1.1 保护区水体石油类含量的时间变化

2017—2018 年保护区表层海水石油类含量的监测结果如图 2 所示,2018 年 7 月各站位石油类含量的平均值最小,每个站位的含量均小于 0.003 mg/L,而其他调查时间段,没有出现所有站位含量均小于 0.003 mg/L 的现象。2018 年 7 月是南海的休渔期,保护区海域内基本没有社区渔民的小型渔船航行。因此,初步说明保护区水体中石油类的主要来源可能是小型渔船航行排放的石油类。

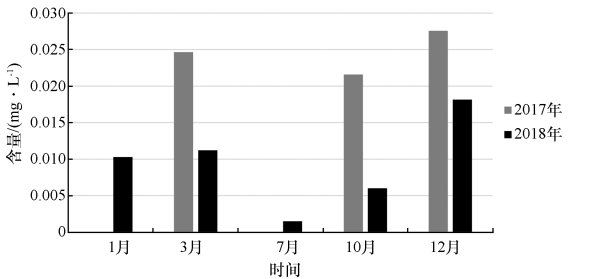


图 2 2017—2018 年各月保护区表层海水中石油类的平均含量

3.1.2 保护区各功能区水体中石油类的分布

2017 年和 2018 年保护区各功能区水体中石油类的平均含量如图 3 所示,2017 年水体中石油类的平均含量远大于 2018 年,但是保护区各功能区水体中石油类含量的变化规律一致,均是由大到小依次为:缓冲区、实验区、核心区。核心区的 3 个站位靠近近岸,但是水体中石油类含量最低,初步说明陆源排放不是保护区水体中石油类的主要来源。

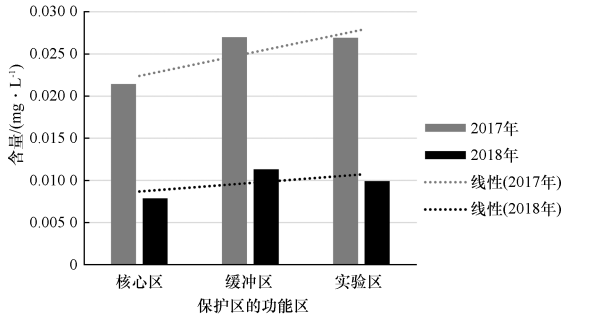


图 3 2017—2018 年保护区各功能区水体中石油类的平均含量

3.1.3 保护区各站位水体中石油类的分布

图 4 为 2017—2018 年保护区各站位表层海水中石油类的平均含量。从图 4 中可以看出,5 号站位和 6 号站位的平均含量均较高,这两个站位处于保护区的最南端,靠近渔船进出乌石港的航道,乌石港属于国家级中心渔港,进出港口的渔船较多,导致石油类的排放较多。石油类物质入海后,水溶性部分即开始溶入水体,其余部分则浮于水面并扩散成油膜,油膜随风和表层流漂移^[11],水体中石油类的扩散和漂移可能是造成这两个站位海水中的石油类含量高的原因。

2017 年和 2018 年,2 号站位石油类平均含量都是最低的,该站位的底质为玄武岩,而且水深较浅,渔船航行时可能会绕开此海域,推测可能是这个原因造成该站位表层海水的石油类平均含量最低。

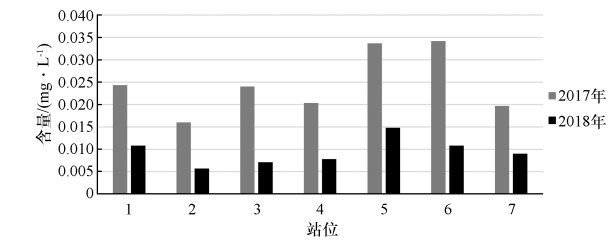


图 4 2017—2018 年保护区各站位表层海水中石油类的平均含量

综上所述,保护区水体中石油类的主要来源不是陆源排放,主要来源于社区渔民小型渔船航行排放的石油类,以及周边渔船航行排放的石油类扩散到保护区海域。

3.2 保护区表层沉积物中石油类的来源

2017 年 12 月保护区表层沉积物中石油类平均含量 20.280 mg/kg 远大于 2018 年 1 月的平均含量 1.938 mg/kg,而相同时间水体中石油类平均含量分别是 0.028 mg/kg 和 0.010 mg/kg,水体和沉积物中石油类含量的变化规律一致,但是沉积物中石油类含量的变化更大。

海水中的石油经过蒸发、光化学作用、微生物降解等过程进入大气,但大部分石油最终以溶解组分或相应地降解组分存在于海洋中,并且有相当部分通过吸附、絮凝和沉淀作用进入沉积物^[12]。有研究表明,悬浮颗粒物对水体中的石油污染物有着很

高的富集系数,两者之间存在正相关关系^[13]。沉积物粒度越大,拥有的比表面积越小,絮凝作用越弱^[1]。保护区海水水质洁净,悬浮颗粒物的含量较低,悬浮颗粒物的富集作用可能比较小,保护区海底主要是以玄武岩,还有砂、砂砾和黏土等滨海沉积^[14],对水体中的石油烃吸附能力弱,加上保护区海域潮差较大^[14]。可能由于上述因素,造成保护区沉积物中石油类的含量比水体的含量变化更大。

3.3 保护区水体和表层沉积物中石油类与国内海域的比较

保护区水体和表层沉积物中石油类的含量与国内海域比较情况如表 5 和表 6 所示,保护区水体中石油类的含量低于大亚湾、珠江口、内伶仃洋、山东近海,但是高于北部湾。珠江口、山东近海、大亚湾等沿岸属于经济发达地区,水体和表层沉积物中石油类含量较高。本研究的保护区海域属于北部湾的近岸海域,保护区水体中石油类含量高于整个北部湾的平均值,此北部湾调查的 J07 站位靠近保护区海域,其水体中石油类的平均浓度为 0.014 7 mg/L,与本研究的平均值 0.015 mg/L 相差较小。该北部湾的调查时间是 2006 年,本研究的调查时间是 2017 年和 2018 年,相隔 10 多年,但是变化幅度较小,说明保护区及其周边海域受石油类污染的影响变化不大。

表 5 海域水体中石油质量浓度比较			
调查海区	质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	平均值/ (mg · L ⁻¹)	参考文献
大亚湾	0.005~0.268	0.067	[15]
珠江口	0.020~0.810	0.130	[16]
内伶仃洋	0.039~0.108	0.069	[17]
山东近海	0.010~1.890	0.114	[18]
北部湾	0.002 7~0.055 9	0.012	[19]
雷州珍稀海洋 生物保护区	0.003~0.066	0.015	本研究

该保护区表层沉积物中石油类的含量远低于珠江口、大亚湾、渤海湾,保护区表层沉积物没有受到石油类的污染。

表 6 近海沉积物中石油烃质量分数度比较

调查海区	质量分数/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	平均值/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	参考文献
大亚湾	7~559	183.4	[15]
珠江口	15.0~923.0	208.0	[20]
渤海湾	6.3~535	158.0	[21]
雷州珍稀海洋 生物保护区	3.0~54.8	11.1	本研究

4 结论

(1)从调查结果看,该保护区水体中的石油类含量为 0.003~0.066 mg/L,平均含量为 0.015 mg/L。保护区水体中石油类的平均污染指数为 0.30,处于自然本底水平。因此,整体而言,保护区水体中的石油类符合第一类水质标准。

该保护区沉积物中石油类含量为 3.0~54.8mg/kg,平均值为 11.109 mg/kg,各站位均没有超出海洋沉积物质量一类标准。

(2)2018 年 7 月为休渔期,各站位水体中的石油类含量最低,说明保护区水体中石油类的主要来源是社区小型渔船航行排放的石油类。核心区靠近近岸,但水体中石油类含量最低,说明保护区水体中石油类的主要来源不是陆源排放。5 号站位和 6 号站位的平均含量均较高,推测这两个站位石油类的主要来源是周边渔船航行排放的石油类扩散到保护区海域。

(3)保护区水体和沉积物中石油类含量的变化规律基本一致,但是沉积物中石油类含量的变化更大。

参考文献

[1] 李磊,蒋玫,王云龙,等.长江口及邻近海域沉积物中石油烃污染特征[J].中国环境科学,2014,34(3):752-757.

[2] 刘芳,柯盛,周立喜,等.广东雷州珍稀海洋生物国家级自然保护区海水环境质量状况分析与评价[J].海洋开发与管理,2019,36(9):64-67.

[3] 国家环境保护局,国家海洋局.GB 3097-1997,海水水质标准[S].1997.

[4] 国家海洋局.GB18668-2002,海洋沉积物质量标准[S].2002.

[5] 傅海靖.海洋污染与保护[M].北京:科学出版社,1979:113-121.

[6] 贾晓平,杜飞雁,林钦,等.海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨[J].中国水产科学,2003,10(2):160-164.

[7] 环境保护部.HJ442-2008,近岸海域环境监测规范[S].2008.

[8] OU S M,ZHENG J H,et al.Petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons in the surficial sediments of Xiamen Harbour and Yuan Dan Lake, China[J].Chemosphere,2007,68(1):140-149.

[9] LYLA S,MANOKRAN S,KHAN A.Petroleum hydrocarbon distribution in continental shelf region of southeast coast of India[J].Int Sediment Res,2012,27(1):73-83.

[10] 陈财珍,林静,许贻斌,等.福建省东山湾海洋生态环境中石油烃类分布特征与评价[J].海洋开发与管理,2015,32(10):73-77.

[11] 张晓萍,李凌云,张元标,等.厦门邻近海域油类污染状况评价[J].台湾海峡,2001,20(2):161-164.

[12] 陈勇民.港口水域石油污染生物降解及生物修复技术的基础研究[D].西安:长安大学,2002:21-27.

[13] 李磊,蒋玫,沈新强,等.长江口及邻近海域水体中石油烃分布特征及其污染评价[J].环境化学,2014(8):1366-1372.

[14] 江海声,欧春晓,李加儿,等.雷州珍稀水生动物自然保护区生物多样性及其保育[M].广州:广东科技出版社,2006:3-4.

[15] 孙涛,肖雅元,王腾,等.大亚湾海域水体和沉积物中石油类含量与分布特征[J].南方水产科学,2018(4):1-9.

[16] 魏鹏,黄良民,冯佳和,等.珠江口广州海域石油烃的分布及其与河口环境的关系[J].海洋环境科学,2010,29(4):473-476.

[17] 贺玉林,刘泽伟,卢伟华.珠江口内伶仃洋水体和沉积物石油烃的分布特征[J].农业与技术,2012(3):125-127.

[18] 谭丽菊,张哲,王江涛,等.山东近海水体石油烃的分布特征研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2009(s1):203-206.

[19] 马志凯,郑爱榕,程远月,等.北部湾夏季表层海水中石油类的分布特征[C]胡建宇,杨圣云.北部湾海洋科学研究论文集(第1辑),北京:海洋出版社,2008:111-120.

[20] 潘建明,扈传显,刘小涯,等.珠江河口沉积物中石油烃分布及其与河口环境的关系[J].海洋环境科学,2002,21(2):23-27.

[21] ZHOU R,QIN B,PENG S T,et al.Total petroleum hydrocarbons and heavy metals in the surface sediments of Bohai Bay, China:long-term variations in pollution status and adverse biological risk[J].Mar Bull,2014,83(1):290-297.