

南海油田烃类氧化菌生态分布初步研究

韦桂秋^{1,2}, 蔡伟叙^{1,2}, 易斌^{1,2}

(1.中国海洋大学 环境工程与科学学院, 山东 青岛 266003; 2.国家海洋局 南海环境监测中心, 广东 广州 510300)

摘要: 报道了冬季南海珠江口盆地 4 大油田 (陆丰 13-1 油田、流花 11-1 油田、CACT 惠州油田和西江 30-2/24-3 油田) 烃类氧化菌的分布和变化状况。在所有站位都检出烃类氧化菌, 数量介于 $3.00 \times 10^4 \sim 2.05 \times 10^5$ 个/L。各油田平台附近的测值高; 表层的测值高于 10m 层。烃类氧化菌的数量与水域中的营养盐含量及其它水质因子有一定的关系。

关键词: 油田; 平台; 烃类氧化菌

中图分类号: P714 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2005)11-0092-05

能源是国民经济建设的重要支柱。随着工业的发展, 人们对石油及其制品的需求日益增长, 石油开采业由陆地走向海洋。石油的开采和海上运输业的发展, 使石油泄漏事故逐年增多, 受污染的海域范围不断扩展。海洋对石油污染有一定的自净能力, 烃类氧化菌对石油烃的降解在海洋石油烃的消除中起重要的作用; 同时, 这类细菌还是海洋石油烃污染的重要指示生物。作者根据 2003 年 12 月的南海珠江口盆地的 4 个主要油田的水质监测和微生物监测的数据 (由于天气、海况、物资补给以及船只调度等原因, LF13-1 油田海域现场作业时间为 12 月 5 日~12 月 6 日, 流花 11-1 油田现场作业时间为 12 月 23 日~24 日, CACT 惠州油田现场作业时间为 12 月 24 日~25 日, 西江 30-2 油田及西江 24-3 油田的现场作业时间为 12 月 25 日~26 日), 对南海 4 大油田海域的烃类氧化菌的分布以及它们与环境各因素间的关系作出了初步的分析和讨论, 为今后研究南海油田石油污染状况提供宝贵的背景资料, 还弥补了这方面研究资料的不足 (有关烃类氧化菌的研究, 尤其是在南海海域的研究, 鲜见文献报道)。

1 研究海域概况

陆丰 13-1 油田位于中国南海珠江口盆地, 在中国香港东南方向约 250 km 处。由一座生产平台 (陆丰 13-1) 和一艘储油轮 (南海盛开号) 组成。累计

共钻生产井 19 口, 目前日产量约 12000 桶。自 1993 年投产以来, 截止到 2002 年 12 月底累计生产原油 658 万吨。

流花 11-1 油田位于中国香港东南的南中国海海域的 29/04 合同区块内, 距中国香港约 200 km。流花 11-1 油田于 1996 年第二季度开始投产, 从 1997 年至 2002 年累计生产原油 5 478.95 万桶, 共排放生产水 42 814.5 万桶。

CACT 惠州油田位于中国香港东南方约 160 km, 平均水深 110 m, 整个油田区共有 60 口油气井。惠州 HZ21-1 油田 1990 年投产, 其后其它几个油田相继开发投产, 至 2003 年 1 月, 惠州各油田累计生产销售原油 3.32 亿桶 (相当于 5 278 万吨)。

西江 30-2 油田和西江 24-3 油田位于中国香港东南偏南的南中国海外海海域, 距中国香港分别约 140 km 和 130 km, 两油田平台相距约 13.7 km。西江油田 1995 年投产, 至 2003 年 1 月, 油田共生产原油

收稿日期: 2004-03-01; 修回日期: 2005-05-18

基金项目: 2003 年度南海分局海洋科学技术局长基金资助项目 (0306)

作者简介: 韦桂秋 (1977-), 女, 海南儋州人, 助理工程师, 在读硕士, 主要从事海洋生物监测工作, 电话: 020-34455010, E-mail: weiguiqiu@tom.com

231 077 061 桶。

2 材料和方法

2003 年 12 月,对南海 4 大油田设定 30 个定位站(各油田各站点的相对位置见图 1),其中陆丰 13-1 油田 6 个站(LF2, LF4, LF5, LF6, LF8, LF9),流花 11-1 油田 6 个站(H02, H03, H05, H06, H09, H11),CACT 惠州油田 12 个站(N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9, N10, N11, N12),西江 30-2/24-3 油田 6 个站(X04, X05, X06, X07, X08, X09);采集水样进行了烃类氧化菌分析;采样时用处理后的

细菌采样器采取表层 0.5 m 处海水(另外,还在各个平台半径 500 m 的区域内均匀布点采取表层 0.5 m 和 10 m 处海水),回实验室后采用稀释倒平板培养法即在烃类氧化菌培养基固体平皿上涂布接种,经过 25 $^{\circ}\text{C}$, 5 d 的培养后,计数得到烃类氧化菌的数量。

烃类氧化菌培养的培养基如下: NH_4Cl 1g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5g; $(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$ 0.05g; CaCl_2 0.005g; Na-k 磷酸缓冲液(pH6.5, 0.33 mol/L);过滤清洁海水 1000 mL;柴油 0.5 mL;琼脂 15~18 g/L;8P 15 min 灭菌。

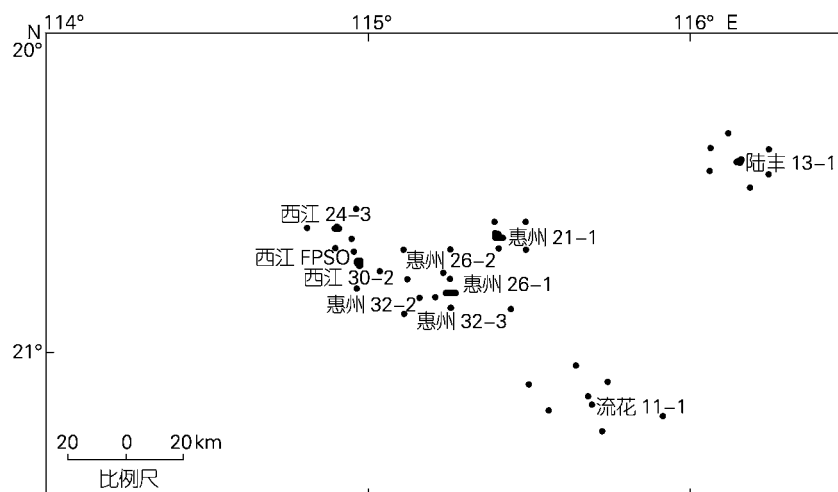


图 1 南海 4 大油田(陆丰、流花、惠州、西江)各站点相对位置

Fig.1 Relative location of 4 dominant oil-fields of the South Sea

3 结果与分析

3.1 烃类氧化菌的数量分布

测定及分析结果列于表 1,表 2 和表 3。

3.2 分析

由表 1 可知,该次研究各站位的烃类氧化菌数量介于 $(22.5 \sim 205.0) \times 10^3$ 个/L 之间,平均变化仅 1 个数量级,各站次总平均为 66.4×10^3 个/L,各站烃类氧化菌数量变化不大。其中各个油田烃类氧化菌数量分布趋势是:陆丰 13-1 油田<西江 30-2/24-3 油田<CACT 惠州油田<流花 11-1 油田。

由表 2 可知,油田平台外围区域的烃类氧化菌数

量低于平台混合区的;同一站点,10 m 层的数量低于表层的;4 个南海油田的调查都有此趋势,但从各海域的平均值看,趋势虽然存在,但并不明显。平台混合区表层和 10 m 层烃类氧化菌个体数量分布趋势均是:陆丰 13-1 油田<CACT 惠州油田<西江 30-2/24-3 油田<流花 11-1 油田;与油田平台外围区烃类氧化菌数量的分布趋势略有不同,但都是陆丰 13-1 油田的数量最小,流花 11-1 油田的数量最大。

烃氧化菌数量和水质各因子的综合分析统计结果列于表 3。由表 3 可知,烃氧化菌数量和水质各因子各区域、各层次无一致的相关关系,陆丰 13-1 油田和惠州油田 CACT 与水质因子的相关关系不明显

(LF13-1 仅表层与水温、无机氮相关,CACT 仅表层与 pH、DO 正相关),流花 11-1 油田外围海区表层烃氧化菌数量与亚硝酸盐含量成正相关,混合区表层烃氧化菌数量与硝酸盐、氨氮、磷酸盐、石油烃含量成明显的正相关关系,混合区 10 m 深水层烃氧化菌数

量与亚硝酸盐、氨氮、磷酸盐成正相关;西江油田外围海区表层水中烃氧化菌数量与水温、DO、化学需氧量(COD)以及磷酸盐存在明显的相关关系,其混合区 10 m 深水层中烃氧化菌数量与磷酸盐有明显的相关关系。

表 1 南海 4 大油田烃类氧化菌数量

Tab.1 The number of hydrocarbon bacteria in the 4 dominant oil-fields of the South Sea

序号	陆丰 13-1 油田		流花 11-1 油田		CACT 惠州油田		西江 30-2/24-3 油田	
	站号	数量 ($\times 10^3$ 个/L)	站号	数量 ($\times 10^3$ 个/L)	站号	数量 ($\times 10^3$ 个/L)	站号	数量 ($\times 10^3$ 个/L)
1	LF2	30.0	H02	60.0	N1	55.0	X04	80.0
2	LF4	37.0	H03	72.5	N2	60.0	X05	50.0
3	LF5	68.0	H05	87.5	N3	90.0	X06	47.5
4	LF6	75.0	H06	97.5	N4	60.0	X07	75.0
5	LF8	52.5	H09	45.0	N5	55.0	X08	35.0
6	LF9	32.5	H11	65.0	N6	80.0	X09	45.0
7					N7	37.5		
8					N8	42.5		
9					N9	90.0		
10					N10	85.0		
11					N11	77.5		
12					N12	90.0		
平均值		49.2		71.3		68.5		55.4

表 2 研究油田海域及其平台的烃类氧化菌数量及变化

Tab.2 The change of numbers of hydrocarbon bacteria in the research areas

油田	区域	层次	测值范围 ($\times 10^3$ 个/L)	平均值 ($\times 10^3$ 个/L)
陆丰 13-1 油田	平台外围	表层	30.0~75.0	49.2
	平台混合区	表层	40.0~95.0	67.1
		10 m 层	22.5~62.5	35.0
流花 11-1 油田	平台外围	表层	45.0~97.5	71.3
	平台混合区	表层	102.5~155.0	122.5
		10 m 层	37.5~65.0	50.0
CACT 惠州油田	平台外围	表层	37.5~90.0	68.5
	平台混合区	表层	47.5~95.0	79.6
		10 m 层	30.0~67.5	48.5
西江 30-2/24-3 油田	平台外围	表层	35.0~80.0	55.4
	平台混合区	表层	52.5~205.0	88.0
		10 m 层	42.5~80.0	61.7

4 讨论

烃类氧化菌的研究已有近百年历史,能降解烃类的微生物多达 70 多个属,广泛存在于海洋的各个角落^[1,2]。但有关南海油田以及邻近海域的烃类氧化菌的研究鲜见文献报道。本次研究的海域人类活动频繁,大量燃料油、润滑油因为各种原因进入海域,造成石油烃污染;油田的开采在带来巨大的经济效益同时也不可避免地带来了溢油破坏海洋生态系统的风险,使石油烃污染研究成为该海域环境保护的重要课题。烃类氧化菌不仅是石油烃污染程度的指标,而且在污染消除中发挥重要的作用。因此,加强该方面的

研究是极为重要的。

由于南海这 4 个石油平台离岸较远,季风频繁,海况比较恶劣,在船上实验室进行多管法分析可行性较差,而进行平板培养法计数烃类氧化菌数量难免有一定的偏差。因此,在此次南海油田烃类氧化菌研究的同时,作者对广州某码头的烃类氧化菌数量用平板培养方法和多管法进行了对比,同期广州某码头烃类氧化菌的密度平均约 10^6 个/L,其中平板法计数得 1.33×10^6 个/L,多管法计数得 3.50×10^6 个/L。虽有偏差,但仍属同一数量级,能反映各个油田平台的烃类氧化菌的生态分布和变化规律。

表 3 研究油田海域及其平台的烃类氧化菌数量与水质因子的相关系数

Tab. 3 The pertinency of the numbers of hydrocarbon bacteria and nutriment

油田	区域	层次	R^2									
			pH	水温	DO	COD	DIN	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	石油烃
陆丰 13-1	外	表	-	0.56	-	-	-	-	-	-	-	-
	混合	表	-	-	-	-	0.52	-	-	-	-	-
		10 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
流华 11-1	外	表	-	-	-	-	-	-	0.53	-	-	-
	混合	表	-	-	-	-	-	0.56	-	0.56	0.52	0.85
		10 m	-	-	-	-	-	-	0.69	0.64	0.64	-
惠州 CACT	外	表	0.53	-	0.52	-	-	-	-	-	-	-
	混合	表	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		10 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
西江 30-2/24-3	外	表	-	0.67	0.64	0.66	-	-	-	-	0.81	-
	混合	表	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		10 m	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	-

注:“-”表示烃氧化菌数量与所对应项无明显相关关系

与中国近岸海域的烃类氧化菌密度相比,此次南海 4 大油田及邻近海域的测值较低(平均为 66.4×10^3 个/L),如渤海^[3]1980~1981 年的烃类氧化菌密度为 $100 \sim 1.536 \times 10^6$ 个/L,14 个属,优势菌为假单胞菌属、不动杆菌属、芽胞杆菌属和棒状杆菌属;胶州湾^[4],1977 年海水中的烃类氧化菌密度为 $0.2 \times 10^8 \sim 1.4 \times 10^8$ 个/L,7 月明显多于 3 月,假单胞菌属、不动杆菌属和黄杆菌属很常见;大连湾^[5],1982 年 5 月~1983 年 5 月的烃类氧化菌密度介于 $1.102 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^5$ 个/L,共 12 个属。在北海的小岛海域,石油降解菌全年都有相当高的数量,变化于 $(93.0 \sim 460) \times 10^3$ 个

/L,以冬季月份最低。与极地海域的烃类氧化菌的密度相比,此次南海 4 大油田海域的测值要高于极地的测值,如南极长城湾及邻近海域^[6],1993~1994 年海水中烃类氧化菌数量介于 $3 \sim >1\ 100$ 个/L 之间,平均变化达 3 个数量级,各站次总平均为 546 个/L。这表明,南海 4 大油田邻近海域烃类氧化菌的数量比近岸海域的烃类氧化菌密度低,高于南极海域的烃类氧化菌密度,符合微生物海洋分布的一般规律,南海 4 大油田海域的水质状况良好,尚未有石油烃污染。

从总的结果分析,油田平台外围区域的烃类氧化菌数量低于平台混合区的,表层的高于 10 m 层的,

这与平台及混合区的烃类来源丰富, 10 m 层的环境相对稳定以及烃类物质较集中于表层是一致的。在本次研究中, 烃类氧化菌的变化与烃含量之间未见明显的关系, 烃含量相对稳定且测值较低, 烃类氧化菌的密度也较低。统计分析发现, 各个油田烃氧化菌的数量与水域中的温度、pH、DO、COD 以及各个营养盐含量无统一的规律性的相关关系, 各个油田与烃氧化菌数量相关的各个水质因子不尽相同, 存在较大的分歧, 但磷酸盐与烃类氧化菌数量之间明显的相关关系在流花油田和西江油田有较好的重现, 磷酸盐可能对烃氧化菌的生长有明显的影响作用, 具体的结论尚需进一步的分析。

开展以及进一步深化烃类氧化菌的研究对指示石油污染情况, 研究石油降解规律以及解决溢油问题具有重要的作用, 希望能深入研究制定出相应的规范, 指导海洋环境油田监测工作。

参考文献:

- [1] 李永祺, 丁美丽. 《海洋污染生物学》[M]. 北京: 海洋出版社, 1991.152-169.
- [2] Mahian C K. Grounding of bahia paraisoat arther harbor, antarctica[J]. *Environmental Science & Technology*, 1991, 25 (3): 509-518.
- [3] 王文兴. 渤海石油降解微生物某些生态学特征的调查研究[J]. 海洋环境科学, 1983, 2 (4): 11-24.
- [4] 丁美丽. 胶州湾石油降解菌的分布[J]. 微生物学通报, 1979, 6 (6): 11-14.
- [5] 李元. 大连湾石油降解细菌的初步研究[J]. 海洋环境科学, 1987, 6 (1): 30-37.
- [6] 袁峻峰, 李永祺. 南极长城湾及邻近海域的烃类氧化菌的分布及变化研究[J]. 极地研究, 1998, 10 (1): 26-30.

The amount of hydrocarbon bacteria in the four dominating oil-fields in the South Sea

WEI Gui-qiu^{1,2}, CAI Wei-xu^{1,2}, YI Bin^{1,2}

(1. Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. South China Sea Environmental Monitoring Center, Guangzhou 510300, China)

Received: Mar., 1, 2004

Key words: Oil field; flat roof; hydrocarbon bacteria

Abstract: During the winter of 2003 in the South Sea, the amount of hydro-carbon bacteria of the four dominating oil-fields, such as Oil-field of LUFENG 13-1, Oil-field of LIUHUA 11-1, Oil-field of CACT HUIZHOU and Oil-field of XIJIANG 30-2/24-3, has been studied. The number of them varied from 3.00×10^4 to 2.05×10^5 cell/L. The number nearby the flat roof is higher than that far from it and the number in the upper layer is higher than that in 10-meter layer. The number of hydrocarbon oxidation bacteria had a relationship with the supply of nutrients as well as other water factors.

(本文编辑: 谭雪静)