

中国近海海区污损生物研究现状及展望

严 涛 严文侠

(中国科学院南海海洋研究所)

近海海区通常是指离岸 3n mile 以上或水深超过 25 m 的水域(Relini *et al.*, 1994); 海洋污损生物是海洋环境中栖息或附着在船舶和各种水下人工设施上,对人类经济活动产生不利影响的动物、植物和微生物的总称,它不仅是影响海洋设施安全与使用寿命的重要因素,也是人类开始接触海洋时所关注的问题。本文就污损生物对海洋结构物的影响和我国近海污损生物研究的进展状况、存在问题等方面进行了综合论述,并对未来几年内的研究方向和重点进行了探讨,以期为下一阶段研究工作提供一些具有参考价值的依据和建议。

一、污损生物对海洋结构物的影响

早在 20 世纪 50 年代,美国海军研究所编写的《海洋生物污损及其防除》一书中曾系统地论述了船舶、海水管道系统、航标和水下声纳装置所遇到的生物污损问题。随着海洋开发事业的蓬勃发展,尤其是近海油气田的勘探和开发,诸如海洋石油平台等人工设施的数量不断增加,有关的生物污损问题也逐渐引起了人们的重视。目前,英、美、意大利、印度、俄罗斯及澳大利亚等国研究人员均已在相关领域做了大量工作(Edyvean *et al.*, 1985; Heideman *et al.*, 1981; Pearce, 1994; Relini *et al.*, 1994; Venugopalan *et al.*, 1990; Zvyagintsev *et al.*, 1995)。

有关研究结果表明,对大型近海结构物而言,污损生物的附着不仅会增加海洋结构物的自重和提高其重心,而且通过增大导管架构件的直径和表面粗糙度,可增强对波浪和海流的阻力,从而造成结构物静力载荷和动力载荷增加,尤其以后者为甚。如 150 mm 厚的海洋污损生物仅增加平台总重量的 0.15%;然而,如从动力载荷方面考虑,在阻力系数增加 25% 的情况下,该厚度的污损生物能使平台增加 42.55% 的额外载荷,疲劳损害增加 62.3%,疲劳寿命减少 38% (Heaf, 1979)。据信钻井平台 OCEAN RANGER 之所以在尚不到其最大抗风能力 3/4 的风暴中倾覆,主要是由于原设计规范中未考虑污损生物等环境因素的影响(Benedict *et al.*, 1982; Zvyagintsev *et al.*, 1995)。因此,当平台上所附着的海洋生物厚度超过原设计值时,必须进行清除。

为了确保海洋石油平台正常作业,潜水员或水下遥控作业器(ROV)定期检测平台水

下部位时,首先需要清除导管架表面所附着的生物才能进行详细目测和无损探伤,有时特定部位的定位参考标志还会因污损生物的覆盖而变得模糊不清,导致潜水员迷失方向;另外,牡蛎、藤壶等硬性污损生物还会妨碍潜水器材的使用,甚至损坏潜水设备;至于海洋污损生物对平台钢腐蚀所产生的影响,主要是所处环境为细菌生长、活动提供了所需条件,从而改变了金属腐蚀过程,引起局部腐蚀或穿孔腐蚀。因此,在特定海区开发利用海洋资源时,必须预先对该水域的污损生物群落结构特点及其演替变化规律有所了解,以便更加合理、安全地设计和建造近海结构物,并从经济、有效的角度选择防污手段和制定清除保养计划。

二、我国近海石油开发区污损生物研究状况

目前,在我国海洋石油工业领域,原油年总产量已达 $16 \times 10^6 \text{ t}$, 天然气为 $42 \times 10^8 \text{ m}^3$, 且这些开发活动已覆盖了渤海、东海和南海三大海区,尤其以南海和渤海为主。因此,有关近海污损生物研究工作基本上也局限在这两个海区。现按从北到南、从东到西的顺序对各海洋石油开发区的污损生物研究状况进行介绍。

在渤海,黄宗国等(1980)曾在四号石油平台挂板研究附着生物的种类、数量及附着季节时发现鲍枝螽在试板上占绝对优势,其他常见的种类有螺赢蜚、泥藤壶、二花棘膜苔虫等。80年代末中国科学院海洋研究所和中国海洋石油渤海公司的科研人员对渤海石油开发区5座平台的附着海洋生物进行了一次原位、全面、系统的调查,发现该海区固定式生产平台水下部位污损生物有75种,其中优势种是牡蛎、贻贝、海葵和苔藓虫等。以上优势种类与平台所处的地理位置和环境条件有关,如位于渤海湾的A平台,致厚种是牡蛎和海葵,附着厚度2~9 cm;位于黄河口的B平台,致厚种是苔藓虫,附着厚度3~12 cm。其余3个平台离岸距离为20~40 n mile,致厚种是牡蛎、贻贝和海葵,附着厚度分别为7~15 cm, 13~32 cm和1~7 cm(黄修明等,1994)。

在南海,随着流花、陆丰、惠州、西江、番禺、文昌、崖城、乐东、东方、涠州、乌石等具有商业价值油气田的陆续发现和开发,这些海区污损生物资料也日益引起工程和设计人员的重视。基于上述海域从未开展过海洋污损生物调查,中科院南海海洋研究所等科研单位从1985年起,在北纬 $17^\circ \sim 22.5^\circ$ 、东经 $109^\circ \sim 116^\circ$ 、距岸3.6~122 n mile、水深15~345 m的广阔海域里,布设了13个浮标调查站,进行海洋污损生物种类、数量、厚度、分布和季节变化的周年调查;并定性、定量采集珠江口东南和海南岛西南莺歌海等水域的Marex水文气象浮标上的生物样品;此外,还检测了在珠江口东部海区和北部湾作业的半潜式钻井平台和固定式生产平台的生物污损状况,以期全面、系统地掌握南海污损生物群落特点及其发展变化规律。

从浮标站的调查资料中看出,在珠江口以东、距岸8.5~38.7 n mile、水深27~71 m的海区,相对近岸的Z1站各水层的污损生物均以无柄蔓足类、海葵、双壳类和多毛类等华南沿岸水域常见种类为主,其中网纹藤壶占绝对优势;而远岸的Z2站出现的主要是有柄蔓足类和水螅等大洋性种类,且生物的种类和数量也远远低于Z1站(严涛等,1999)。另外,位于广东沿岸115 n mile以远、东沙群岛西部约60~63 n mile、水深325~345 m深

海水域的 ZM3 Marex 水文气象浮标和 A3 浮标站,其污损生物特点与 Z2 浮标站基本类似,但生物群落中无网纹藤壶出现(严涛等,2001)。

海南岛东部的文昌和琼东南海区,从 W1 和 J2 两个浮标站采集的样品表明,其污损生物主要为热带、亚热带海区常见种类,其中水螅、有柄蔓足类和牡蛎是上述两个站位的共同优势种;南海沿岸水域常见的无柄蔓足类,如网纹藤壶、三角藤壶、红巨藤壶、钟巨藤壶等均在离岸仅 23 n mile 的 J2 站出现,而距岸 68 n mile 的 W1 站只有少量的块斑藤壶分布(严涛等,1998a,b)。

位于海南岛西南部的莺歌海水域共设置了 3 个浮标调查站和 1 个 Marex 水文气象浮标。调查结果显示,在离岸距离分别为 16 n mile 的 Y1 站,29.4 n mile 的 Y2 站和 37 n mile 的 YM1 站,双壳类软体动物和无柄蔓足类等硬性污损生物对生物群落的厚度和生物量的大小起重要的作用。然而,在离岸 51 n mile 的 Y3 站,上述两大类生物所占比重急剧下降,此时有柄蔓足类处于绝对优势,其次为水螅(严涛等,1997)。

在北部湾海区,除了布设 3 个浮标调查站外,还初步调查了一座固定式生产平台的生物污损状况(严涛等,1998c,2000)。调查结果表明,被大陆和岛屿所环抱处于半封闭状态的该海区,优势种以牡蛎和无柄蔓足类为主;而在莺歌海至东沙群岛这一水域开阔、流急浪大的海区范围内,漂浮(或浮动)人工物体(如浮标、试板等)上大量附着的有柄蔓足类,此时只有少量的茗荷和鹅茗荷在离岸较远的 B1 和 B2 浮标站偶尔出现;甚至在琼州海峡航标污损生物群落中占绝对优势的钟巨藤壶(黄宗国等,1982)在该海区的数量也不多。

三、我国近海污损生物的特点

从上述近 20 年的研究结果来看,位于我国北方海区(渤海)的海洋结构物上的污损生物以软体动物、腔肠动物和苔藓动物为主,其中贻贝占绝对优势;海藻数量不多,且均为绿藻,未见褐藻(黄修明等,1994)。至于处在热带海区的南海北部近海石油开发区,藻类一般为小型种,呈茸毛状附着在海洋结构物或其他生物表面上;常见的动物多为腔肠动物、苔藓虫、多毛类、软体动物(贝类)和蔓足类。污损生物群落的优势种与海洋结构物所处的物理状态、布设时间、地理位置及环境条件有关,如浮动状态的浮标(试板)及其锚锭系统上的优势种均为有柄蔓足类;而长期浸海的永久性固定式海洋设施(如海洋石油生产平台)上的污损生物优势种为牡蛎,且呈多层重叠附着,藤壶和珍珠贝则作为重要种类出现。至于东、西、北三个方向均被大陆和岛屿环抱的北部湾,有柄蔓足类的种类和数量应低于邻近的南海北部近海海区;此外,随着离岸距离的增加,无柄蔓足类的种类和数量呈下降趋势,而有柄蔓足类(细板条茗荷、茗荷和鹅茗荷)的附着数量相应增加。

四、研究重点及发展方向

人类同海洋污损生物的斗争已有一百多年历史。目前,船底防污漆的使用已有效地阻止船舶被生物污损;而施放氯气或灌注电解海水能预防贝类生物堵塞海水管道;在声纳

导流罩或换能器外包一层铜或铜合金板或防污橡胶板(内含氧化亚铜),也能达到防止生物污损的目的。然而,由于大型固定式海洋结构物在海上的作业年限常常达15~30 a,且不能像船舶和浮标那样进行保养,因此,迄今为止,尚未找到长期有效的污损生物防除方法。虽然壳牌石油公司曾在平台桩腿飞溅区部位包覆一层铜合金,内衬有机材料与钢桩腿绝缘,达到降低腐蚀和防止生物污损,但这一局部防污措施可否推广到整个平台水下部位,尚需实践予以证实。在这样情况下,必须重视工程基础数据积累,加强生物学基础研究,掌握污损生物优势种的附着与生长规律,以期科学、准确地分析和预测特定海区石油平台上的污损生物的形成和发展趋势,为有关部门设计、建造和保养海洋结构物提供科学依据。

由于海洋污损生物群落从形成到稳定阶段大约需7~8 a的时间,因此,对长期在某一海区作业的结构物而言,在考虑污损生物的影响时应以群落达到稳定阶段的数据为基础。然而,在远离陆地、深度较大、环境条件较为恶劣的近海海区,要取得长期的污损生物资料不仅难度大,而且费用高,故应充分利用那些在特定水域作业的人工设施(如水文气象浮标、移动式钻井平台和固定式生产平台)来获取所需的生物参数,其中已建成投产的固定式生产平台是最好的调查设施,也是探讨近海海区海洋污损生物长期发展、演替规律的惟一可行途径。另外,当有关数据积累到一定程度时,还需开展生态数学模型方面的研究工作,以便更为准确地分析、预测海洋结构物上污损生物群落的形成、发展及顶级群落的结构特点,丰富和发展人类的海洋生态学知识,了解和掌握人类开发活动对海洋生态环境的影响及其自我恢复机制,从而为有关部门的决策提供所需资料和依据。

另外,有关研究报道表明,东海污损生物研究迄今为止仍局限在沿岸海域(曾地刚等,1999),由于沿岸和近海的环境条件各异,其污损生物群落的种类组成及结构特点也会发生显著变化,因此,随着平湖油气田等近海油田的开发,建议尽快开展污损生物有关方面的研究工作,以填补该方面资料的空白。

参 考 文 献

- 严涛、严文侠、王华接等,1999,珠江口以东近海水域污损生物的组成与分布,台湾海峡,18(3):325~331。
- 严涛、严文侠、王华接等,2001,东沙群岛西部海区污损生物研究,海洋科学集刊,44:84~92。
- 严涛、严文侠、梁冠和等,1997,海南岛西南部莺歌海水域生物污着的研究,热带海洋,16(4):41~48。
- 严涛、严文侠、董钰等,1998a,海南岛东部海域生物污损研究,海洋与湖沼,29(4):375~380。
- 严涛、严文侠、董钰等,1998b,琼东近海浮标污损生物研究,湛江海洋大学学报,18(4):35~38。
- 严涛、严文侠、董钰等,1998c,北部湾东北部海区污着生物研究,热带海洋,1998,17(2):38~44。
- 严涛、严文侠、董钰等,2000,北部湾近海结构物污损生物群落研究,海洋学报,22(4):137~146。
- 黄宗国、李传燕、张良兴等,1980,渤海湾的附着生物与钻孔生物生态,海洋学报,2(3):111~122。
- 黄宗国、蔡如星、江锦祥等,1982,琼州海峡及雷州半岛沿岸浮标的污损生物,海洋与湖沼,13(3):259~266。
- 黄修明、尹建德、刘建军等,1994,渤海石油平台附着生物生态的研究,海洋科学集刊,35:131~141。
- 曾地刚、蔡如星、黄宗国等,1999,东海污损生物群落研究 I. 种类组成和分布,东海海洋,17(1):48~55。
- Benedict, C. P., Allanach N. I. and Hammer A. C. H., 1982, Offshore evacuation——past and future, *Proceedings of the 14th Annual Offshore Technology Conference*, 4:25~32。
- Edyvean, R. G. J., Terry L. A. and Picken G. B., 1985, Marine fouling and its effects on offshore structures in the North Sea——a review, *International Biodeterioration*, 21(4):277~284。

- Heaf, H. J., 1979, The effect of marine growth on the performance of fixed offshore platforms in the North Sea, *Proceedings of the 11th, Annual Offshore Technology Conference*, 1:255~268.
- Heideman, J. C. and Georg R. Y., 1981, Biological and Engineering parameters for macrofouling growth on platforms offshore Louisiana, *Oceans '81 Conference Record*, IEEE, New York, 1:550~557.
- Pearce, F., 1994, Offshore petroleum, In: *Biofouling: Problems and Solutions* (eds. S. Kjelleberg and P. Steinberg), the University of New South Wales, Australia, 19~31.
- Relini, G. and Relini M., 1994, Macrofouling on offshore structures in the Mediterranean Sea, In: *Recent Advances in Biodeterioration and Biodegradation* (eds. K. L. Garg, N. Garg and K. G. Mukerji), Naya Prokash, Calcutta, 2:307~326.
- Venugopalan, V. P. and Wagh A. B., 1990, Biofouling on an offshore, oil platform: Faunal composition and biomass, *Indian Journal of Marine Sciences*, 19:53~56.
- Zvyagintsev, A. Y. and Ivin V. V., 1995, Study of biofouling of the submerged structural surfaces Of offshore oil and gas production platforms, *Marine Technology Society Journal*, 29(2): 59~62.

STUDY OF OFFSHORE FOULING IN CHINA ——NOW AND IN FUTURE

Yan Tao, Yan Wenxia

(South China Sea Institute of Oceanology, the Chinese Academy Of Sciences)

ABSTRACT

Biofouling on underwater parts of man-made structures is a major economic and technical problem hindering the development of ocean engineering. It increases the hydrodynamic loading on a structure, obscures the underlying substratum to hinder underwater inspection, impairs the efficient operation of marine engineering systems, and worsens corrosion behavior and characteristics by providing anaerobic conditions favoring growth and activity of bacteria. Absence of or inadequate data on fouling will cost money in overdesign or in failures of structures. The increased oil and gas related development in offshore areas led to intensified study on marine fouling and its effects on the structural performance of offshore installations around the world.

In order to meet the need for development of the offshore oil industry in China, extensive and intensive work on marine fouling has been conducted over the last twenty years. Related results showed that the type and extent of fouling assemblages developing on offshore installations varied with time, latitude, water depth, distance from coast, and type of man-made structures, i. e. floating or fixed. For example, the major species of fouling organisms in Bohai Sea are *Garveia francisana* and *Corophium* sp. in the early stage, and then the fouling communities are gradually dominated by *Mytilus edulis*, *Sagartia rosea*, *Ostrea denselamellosa*, *Hiatella orientalis*, *Membranipora grandicella*, *Hydroides ezoensis* and *Balanus uliginosus*. As for the offshore oil development areas of the northern South China Sea, the fouling assemblages are usually composed of pedunculate barnacles, hydroids, common oysters, pearl oysters and acorn barnacles. With increasing distance

from shore, pedunculate barnacles and hydroids became more important, and the species number and biomass of littoral species occurring in the coastal waters decreased greatly. Moreover, pedunculate barnacles only distributed on objects floating and moving with wave and current. On the submerged surfaces of fixed marine structures, the fouling communities were characterized by hard foulers such as common oysters, pearl oysters and acorn barnacles.

For effectively assessing the potential impact of biofouling on marine facilities and for establishing appropriate cleaning (or prevention) procedures, further work should be focused on long-term fouling communities, and then be extended to mathematical modelling and its application. Related results could have valuable industrial applications, and also be used as a powerful tool by ecologists in their ecosystem studies. Additionally, in potentially fruitful areas for exploitation of new offshore gas and oilfields where the phenomenon of fouling has received little attention, related investigation should be conducted in advance.