

渤海石油平台附着生物生态的研究*

黄修明 尹建德 刘建军 彭树杰

(中国科学院海洋研究所)

郑国安 刘书攻 王旭 刘万山 曹静

(渤海石油公司工程设计公司)

我国近海油气资源储量据预测约为 90—180 亿吨,具有良好的开发前景。开发海洋石油所建造的石油平台在下海后很快就会附着上大量的海洋生物,生物的附着、生长增大了导管架平台桩腿的体积和粗糙度,加大其外载荷,特别是风暴期间可能使平台发生倾斜或倒塌,造成重大损失。另外,生物的附着增加了平台的自重并提高了平台的重心,当地震、海啸时危险性更大。为使海上石油平台的设计更加合理、安全,需要掌握平台设置海域附着生物的种类组成、群落的生态特点、优势种、附着量、附着厚度和样品比重等有关生物参数。

1989 年 7—8 月份中国科学院海洋研究所和渤海石油公司工程设计公司合作,对渤海石油平台的附着生物进行了一次原位、全面、系统的调查,获得了大量资料。本文根据这些资料,鉴定了 75 种海洋附着生物,并讨论了它们的附着量、附着厚度及样品比重,为石油平台设计提供了依据。

一、调查方法和调查平台

1. 调查方法

固定石油平台原位附着生物调查方法是依据不同平台的结构情况,选择 1—2 个桩腿作为取样断面,同时考虑到横拉筋和某些特殊结构部位,以水深 1, 3, 5, 10, 15m 处作为取样点。采用日本产 SONY 5630 监测器、录像机和美国产 2541 型整套水下摄像设备,潜水作业进行水下录像。然后,潜水员携带测量工具、刮刀和水下取样网具在预定取样位点进行附着生物附着厚度的测量,并刮取 $20 \times 20 \text{cm}^2$ 面积上全部附着生物,送回调查船。生物样品装入样品袋中,写好标签和记录,用 70% 酒精固定,带回实验室进行分析。

*中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2160 号。

收稿日期:1992 年 10 月 26 日。

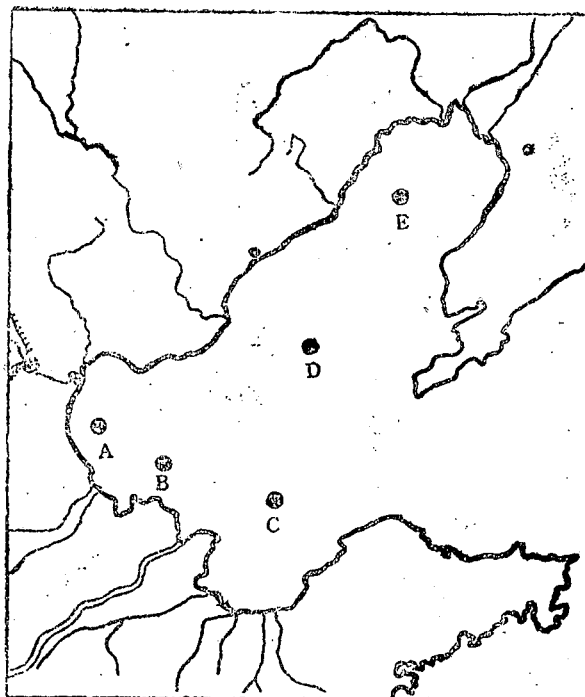


图1 调查平台位置

表1 调查平台的结构和具体情况

平 台	平台结构	建 造 年 份	在海水中经历时间(a)	水深(m)	距最近海岸(mile)	现场海水		附着生物样品数目	取 样 位 点
						透明度(m)	盐度		
A平台	24根桩腿和 一个大井筒 导管架平台	1966	23	6.5	10	1	25	9	桩腿A水深 1,3,5,5 m 横拉筋水深 3m 大井筒壁潮间区, 水深 1.3,5m
B平台	16根桩腿 导管架平台	1981	8	14	20	1.5	28	4	桩腿A水深 3.5m 横拉筋水深 3m 桩腿B水深 5m
C平台	4根桩腿 导管架平台	1985	3.75	23.8	40	4	30	5	桩腿A水深 1,3,5,10,15m
D平台	16根桩腿 导管架平台	1976	13	24.5	30	3	30	9	桩腿A水深 1,3,5,10m 横拉筋水深 3m 桩腿B水深 1.3,5 m
E平台	4根桩腿 导管架平台	1988	1.25	18	20	2	28	4	桩腿A水深 3,5,10m 横拉筋水深 3m

附着生物样品比重测定方法是用称量法测定样品的重量,用排水法测定样品的体积。然后根据比重 = 一定容积样品重量 / 相等容积水的重量公式计算而得。

2. 调查平台

本次调查了 5 个固定平台 (图 1)。

各平台的结构和具体情况见表 1。

二、石油平台附着生物的种类组成及其分布

本次调查在 5 个平台上共收集到 31 个生物样品,鉴定为 75 种生物,其种名和分布情况见表 2。

表 2 渤海平台附着生物种类及其在 5 个平台上的分布

附着生物种类	A平台	B平台	C平台	D平台	E平台
绿 藻 <i>Chlorophyta</i>					
肠浒苔 <i>Enteromorpha intestinalis</i>	✓				
长石莼 <i>Ulva linza</i>	✓				
刚毛藻 <i>Cladophora</i> sp.	✓				
海绵动物 <i>Porifera</i>					
宽阔峰海绵 <i>Haliclona palmata</i>	✓	✓		✓	
毛壶 <i>Grantia nipponica</i>				✓	
腔肠动物 <i>Coelenterata</i>					
海筒虫 <i>Tubularia marina</i>	✓	✓			
曲膝藻枝虫 <i>Obelia geniculata</i>	✓		✓	✓	✓
细管真枝虫 <i>Eudendrium capillare</i>			✓		✓
鲍枝虫 <i>Bougainvillia</i> sp.		✓		✓	✓
嘴夫虫 <i>Garveia francisana</i>	✓				
红海葵 <i>Sagartia rosea</i>	✓	✓	✓	✓	✓
黄海葵 <i>Anthopleura xanthogramica</i>	✓				
藓苔动物 <i>Bryozoa</i>					
扇形管孔苔虫 <i>Tubulipora flabellaris</i>		✓	✓	✓	
聚合软苔虫 <i>Alcyonidium polyomm</i>		✓		✓	✓
尾突鲍克苔虫 <i>Bowerbankia caudata</i>	✓	✓			
覆瓦鲍克苔虫 <i>B. imbricata</i>	✓				
黑蛇列孔苔虫 <i>Actea anguina</i>	✓				
大室膜孔苔虫 <i>Membranipora grandicella</i>	✓	✓		✓	✓
无规膜孔苔虫 <i>M. irregulara</i>	✓				
双花膜孔苔虫 <i>M. bifloris</i>	✓	✓		✓	✓
网纱帐苔虫 <i>Conopeum reticulum</i>				✓	✓
美丽琥珀苔虫 <i>Electra tenella</i>			✓	✓	✓
西方三胞苔虫 <i>Tricellaria occidentalis</i>		✓	✓	✓	
透明小分胞苔虫 <i>Celleporella hylina</i>			✓	✓	
纤毛拟小孔苔虫 <i>Microporella ciliata</i>	✓				
中华缘孔苔虫 <i>Smittina sinica</i>		✓			
加州草苔虫 <i>Bugula californica</i>	✓				

续表 2

附着生物种类	A平台	B平台	平台	D平台	E平台
褐草苔虫 <i>B. neritina</i>	✓				
多毛动物 <i>Polychaeta</i>					
全刺沙蚕 <i>Nectoneanthes oxypoda</i>		✓	✓	✓	
黄色刺沙蚕 <i>Neanthes flava</i>	✓				✓
覆瓦哈鳞虫 <i>Harmothoe imbricata</i>	✓	✓	✓		
非拟海鳞虫 <i>Nonparahalosydna pleiolepis</i>	✓	✓			
短毛海鳞虫 <i>Halosydna brevisetosa</i>	✓				
岩 虫 <i>Marphysa sanguinea</i>	✓	✓			
千岛膜裂虫 <i>Typosyllis adamantens kurilensis</i>		✓		✓	
特狷球裂虫 <i>Sphaerosyllis pirifera</i>				✓	
内刺盘管虫 <i>Hydroides ezoensis</i>	✓	✓		✓	
华美盘管虫 <i>H. elegans</i>	✓				
三栉旋鳃虫 <i>Spirobranchus tricornigerus</i>		✓			
软体动物 <i>Mollusca</i>					
矮拟帽贝 <i>Patella pygmaea</i>				✓	
双带核螺 <i>Pyrene bicincta</i>	✓	✓	✓		
小梯螺 <i>Epitonum scalare minor</i>	✓	✓	✓	✓	
耳梯螺 <i>Depressiscala aurita</i>				✓	
香 螺 <i>Neptunea cumingi</i>			✓	✓	
布氏蚶 <i>Arca borecardi</i>			✓	✓	
毛 蚶 <i>Scapharca subcrenata</i>	✓		✓	✓	✓
双纹须蚶 <i>Barbatia bistigata</i>		✓			
贻 贝 <i>Mytilus edulis</i>			✓	✓	✓
云石肌蛤 <i>Musculus cupeus</i>			✓	✓	✓
凸壳肌蛤 <i>M. senhousii</i>				✓	
偏顶蛤 <i>Modiolus modiolus</i>				✓	
角偏顶蛤 <i>M. metcalfei</i>	✓	✓		✓	
带偏顶蛤 <i>M. comptus</i>				✓	
长偏顶蛤 <i>Modiolus elongata</i>				✓	
密鳞牡蛎 <i>Ostrea denselamellosa</i>	✓	✓	✓	✓	✓
褶牡蛎 <i>Ostrea plicata</i>		✓		✓	✓
日本厚壳牡蛎 <i>Crassostrea nippona</i>	✓			✓	✓
大连湾牡蛎 <i>C. talienwhanensis</i>				✓	✓
中国金蛤 <i>Anomia chinensis</i>		✓		✓	✓
东方缝栖蚌 <i>Hiatella orientalis</i>		✓	✓	✓	✓
节肢动物 <i>Arthropoda</i>					
纹 藤 壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i>	✓	✓		✓	✓
泥 藤 壶 <i>Balanus uliginosus</i>	✓	✓		✓	
致密藤壶 <i>B. improvisus</i>	✓			✓	✓
象牙藤壶 <i>B. eburneus</i>	✓	✓			
浪漂水虱 <i>Cirolana japonica</i>	✓				
日本鼓虾 <i>Alpheus japonica</i>		✓			
锯额豆瓷蟹 <i>Pisidia serratifrons</i>	✓	✓			
四齿矶蟹 <i>Pugettia quadridens</i>	✓				
长麦杆虫 <i>Caprella spp.</i>	✓		✓	✓	✓
端足类 <i>Amphipoda</i>	✓	✓	✓	✓	✓

续表 2

附着生物种类	A平台	B平台	C平台	D平台	E平台
海蜘蛛 Pycnogonida	✓				
棘皮动物 Echinodermata					
日本倍棘蛇尾 <i>Amphioplus japonicus</i>	✓	✓		✓	✓
马氏刺蛇尾 <i>Ophiothrix marenzelleri</i>	✓	✓		✓	
哈氏刻肋海胆 <i>Temnopleurus hardwickii</i>			✓	✓	✓
被囊动物 Tunicata					
堆柄海鞘 <i>Styela partita</i>				✓	

其中绿藻 3 种, 海绵 2 种, 腔肠动物 7 种, 苔藓动物 16 种, 多毛类动物 11 种, 软体动物 21 种, 节肢动物 11 种, 棘皮动物 3 种, 被囊类动物 1 种。其中日本厚壳牡蛎 *Crassostrea nippona* 是我国海域的首次记录, 37 种是渤海附着生物群落的新记录。从种类属性看, 包括寒温带种、温带种和亚热带种三大类。没有热带种和外海大洋性种类。

5 个平台中以 D 平台的种类最多, 达 43 种, A 平台 42 种, B 平台 34 种, E 平台 25 种, C 平台最少, 仅 20 种。

各个平台各类生物的种数及其附着量的百分组成列于表 3。

表 3 石油平台各类生物种数及总附着量的百分组成

生物类别	A平台		B平台		C平台		D平台		E平台	
	种数	(%)	种数	(%)	种数	(%)	种数	(%)	种数	(%)
软体动物	6	80.69	8	6.50	8	80.48	17	94.68	9	68.30
腔肠动物	5	10.57	3	19.27	3	11.57	3	2.98	4	7.29
苔藓动物	9	0.21	7	57.08	4	3.38	8	1.70	5	0.75
甲壳动物	8	4.68	6	14.78	2	3.19	5	0.43	4	20.97
多毛动物	7	0.48	7	1.31	2	<0.01	4	<0.01	1	0.12
海绵动物	1	2.93	1	0.90			2	0.02		
棘皮动物	2	0.43	2	0.16	1	1.38	3	0.05	2	2.56
扁 虫									1	<0.01
海 蜘蛛	1	<0.01								
被囊动物							1	<0.01		
卵 群							1	0.01		
其 它							1	0.13		
绿 藻	3	0.01								

从表 3 可以看出, 渤海 5 个平台的附着生物以软体动物、腔肠动物和苔藓动物三大类为主。海藻很少, 仅在 A 平台潮间区的一个样品中采到了长石莼 (*Ulva linza*)、肠浒苔 (*Enteromorpha intestinalis*) (和刚毛藻 (*Cladophora*) sp.) 等 3 种绿藻, 没有发现褐藻

类附着。

各个平台附着生物的主要种随平台所处的海域环境不同而有差别 (图 2)。

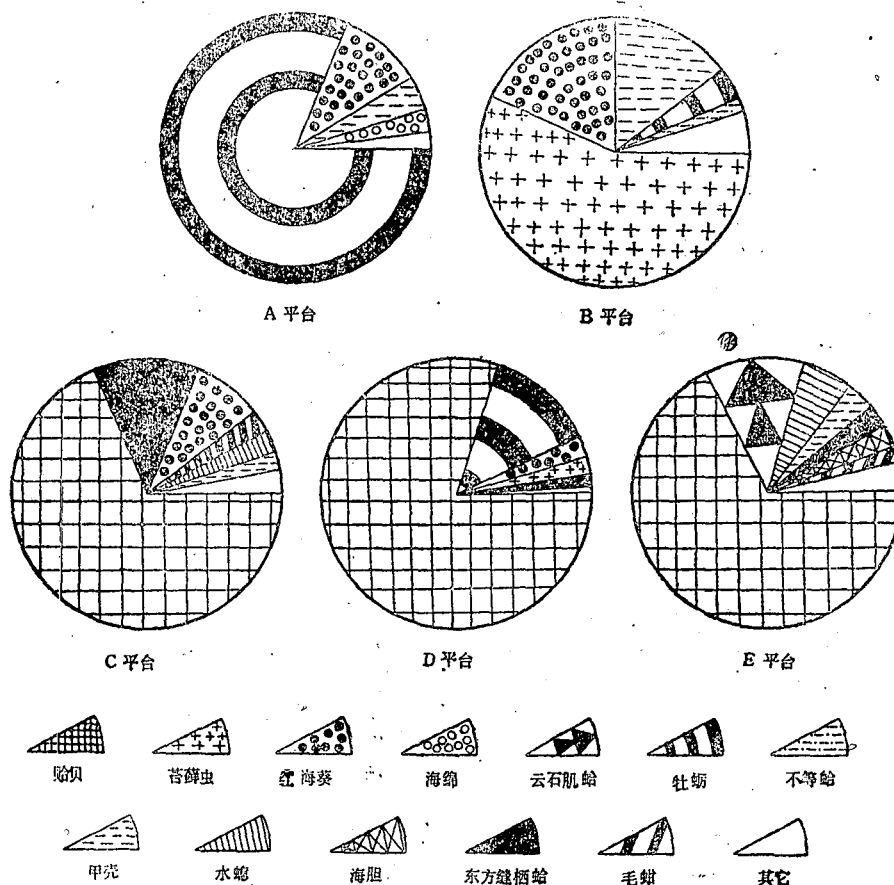


图 2 5 个平台主要种附着量百分组成

A 平台主要种有牡蛎、海葵、宽阔峰海绵；B 平台有苔藓虫、红海葵、藤壶、甲壳牡蛎；C 平台有贻贝、东方缝栖蛤、红海葵；D 平台有贻贝、牡蛎、东方缝栖蛤、红海葵、苔藓虫；E 平台有贻贝、东方缝栖蛤、云石肌蛤、水螅。根据主要种的异同可以把 5 个平台划为三种类型：(1) D 平台、C 平台和 E 平台都以软体动物的贻贝占绝对优势，特别是 D 平台，处于贻贝生长的繁茂区，附着量特别大，向南扩展分布到 C 平台，向北分布到 E 平台，不过这两个平台的数量比 D 平台少多了；(2) B 平台接近黄河口，没有贻贝，以大室膜孔苔虫为优势种；(3) A 平台位于渤海湾，是第三种类型，以牡蛎为优势种。由于 A 平台离岸最近，接近渤海的西海岸，附着生物中还有较多沿岸类型的种类。

三、石油平台附着生物附着量

渤海 5 个固定石油平台的附着生物附着量为 $88.25-46147.75\text{g}/\text{m}^2$ ，变化幅度相当

大(表4)。

表4 渤海石油平台附着生物的附着量

平 台	附着量 (g/m^2)	平均附着量 (g/m^2)
A平台	88.25—27 757.05	6 545.90
B平台	1 810.80—16 700.88	6 180.57
C平台	2 871.00—13 581.43	7 882.57
D平台	11 096.55—46 147.75	21 465.37
E平台	366.55—5 988.10	2 802.19

其中A平台的最小和最大附着量之间相差314倍多；其次是E平台，相差16倍多；B平台相差9倍多；C平台和D平台均相差4倍多。这些数值表明，位于渤海周边的石油平台，生物附着量的变化幅度大于渤海中央区的平台。

从每个平台的平均附着量来看，以D平台最大，为 $21\,465.37\text{g}/\text{m}^2$ ；E平台最小，为 $2\,802.19\text{g}/\text{m}^2$ 。A、B、C 3个平台平均附着量为 $6\,000\text{—}7\,000\text{g}/\text{m}^2$ 左右。

各个平台附着生物附着量的垂直分布见图3。

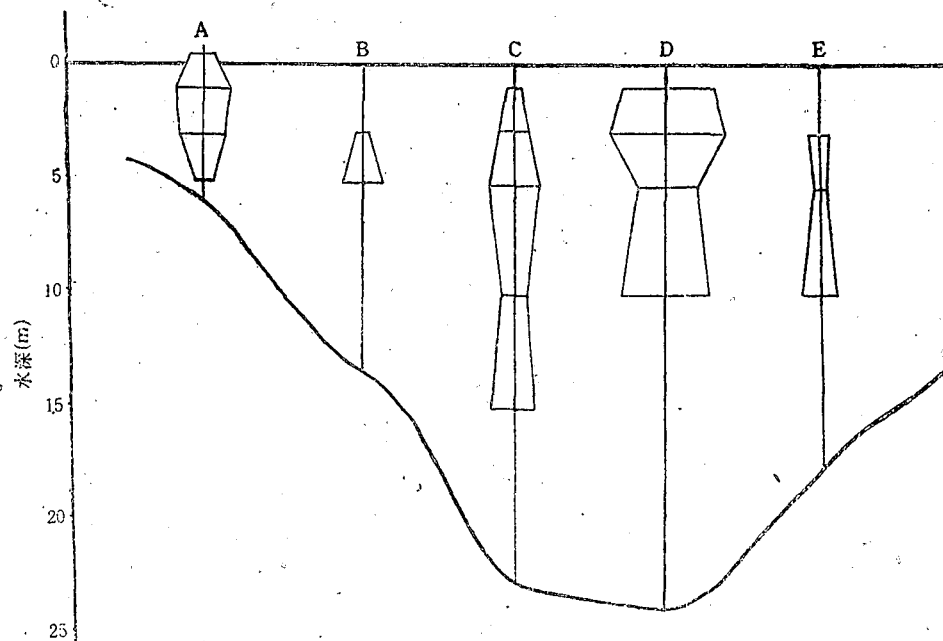


图3 渤海5个平台附着生物附着量的垂直分布

随各个平台所处的位置和水深的不同，附着生物垂直分布特征亦有不同。A平台水深仅6m多，调查从潮间区到水深5m处都取到了附着生物样品，其资料完整，很有代表性，附着量以1m处最大，3m处次之，潮间区和5m处最小。5个平台附着量垂直分布的共同点是整个平台桩腿都有生物，附着量以1—5m层较大，随水深增大而逐渐减

小,水线和近海底最小,造成这种垂直分布的主要原因是渤海水线部位冬季温度很低,加之春末流冰的冲刷,使生物难以生长,近海底部位则与海水混浊有关。

四、石油平台附着生物的附着厚度

渤海附着生物的附着厚度过去一般都认为不大,只有几厘米^{1),2)}(李洁民、黄修明等,1964;李传燕、黄宗国等,1982,1990),这是根据沿岸海港的资料得出的概念。本次渤海5个固定石油平台附着生物的调查资料表明,渤海中央区长时间的物体表面附着生物的厚度远远超过以往资料的记载(表5)。

表5 渤海石油平台附着生物附着厚度和致厚种类

平 台	附 着 厚 度 (cm)	致 厚 种 类
A 平台	2—9	牡蛎、海葵
B 平台	3—12	苔藓虫、西方三胞苔虫
C 平台	7—15	贻贝、牡蛎、海葵
D 平台	13—32	贻贝、海葵
E 平台	1—7	贻贝、水螅、海葵

附着生物的附着厚度与致厚种类有关。A平台的主要致厚种是日本厚壳牡蛎,最大个体为 $18.70 \times 15.40 \times 8.7\text{cm}$ 。B平台的主要致厚种是大室膜孔苔虫,它的最大群体为 $10.09 \times 10.01 \times 11.30\text{cm}$ 。其他3个平台的主要致厚种是贻贝,贻贝的附着厚度与建群时间密切相关,多年的种群大小贻贝多次重叠附着成团生长,随着时间的推移,堆积的团块将越来越大,最大厚度可达32cm,尤其是桩腿与横拉筋交接的部位,贻贝团的厚度更大。设计平台时应特别注意。

五、石油平台附着生物样品的比重

关于石油平台附着生物的比重,我们不是采取测定各个种单种生物的比重,因为平台上的附着生物是由多种生物组成,为了更符合实际情况,我们测定的是附着生物样品的比重。

附着生物样品的比重与下列3种因素有关:(1)附着生物群落种类组成;(2)取样点淤泥沉积的情况;(3)取样点金属锈层的厚度。如附着生物群落中具石灰质贝壳的种类多,沉积的淤泥多,平台桩腿锈层厚的样品比重就要大些,反之,样品的比重要小些。

5个平台附着生物样品的比重见表6。

1) 黄修明、尹建德、彭树杰,1986,龙口港的附着生物,渤海附着生物调查与研究,40—43(内部资料)。

2) 黄修明、尹建德、刘建军、彭树杰,1991,鲅鱼圈港的附着生物,渤海附着生物调查与研究,29—33(内部资料)。

表6 渤海石油平台附着生物样品的比重

平 台	附着生物样品比重	平 均 比 重 $\bar{x}$
A 平 台	1.162—1.433	1.306
B 平 台	1.038—1.158	1.116
C 平 台	1.000—1.436	1.120
D 平 台	1.010—1.485	1.210
E 平 台	1.030—1.075	1.050

平均比重最大的是 A 平台,这是由于 A 平台地处河口附近,海水混浊,透明度小,含泥沙多所致。另外该平台建成最早,在海中已长达 23 年,桩腿腐蚀较为严重,刮取的附着生物样品中夹杂着较多铁锈,也是导致比重较大的因素。E 平台建成下海仅 1 年 3 个月,样品清洁,基本没有铁锈,该平台有些取样点主要生物是端足类(包括麦杆虫)等,因此比重特别小。其余几个平台附着生物样品比重均在 1.116—1.210 之间。与我国东、南海域附着生物样品比重相比,本次调查的样品比重不算大。东、南海域主要种是藤壶和牡蛎,比重肯定要大些。

5 个平台全部样品比重的分布见图 4。

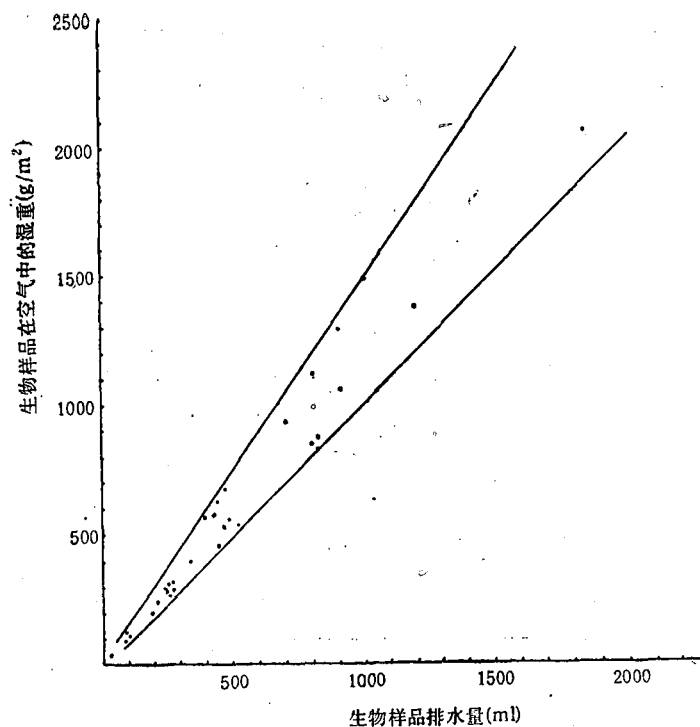


图4 渤海5个石油平台附着生物样品比重分布

5个平台的全部比重数值都在1.000—1.485这个范围之内。比重为1.000—1.099的样品占总样品数的32.35%；比重为1.100—1.199的占29.41%；比重为1.200—1.299的占5.83%；比重为1.300—1.399的占17.65%；比重为1.400—1.485的占14.76%。

参 考 文 献

- 李洁民、黄修明等, 1964, 中国几个主要海港附着生物生态的研究, 海洋与湖沼, 6(4): 371—408。
 李传燕、黄宗国等, 1982, 旅顺港附着生物生态的研究, 生态学报, 2(1): 59—65。
 李传燕、黄宗国等, 1990, 烟台港附着生物生态的研究, 海洋学报, 2(1): 107—114。
 Bascom, W. et al., 1976, A biological survey of oil platforms in the Santa Barbara Channel, *Journal of Petroleum Technology*, 28: 12 80-84.
 Forteach, G. N. R. et al., 1982, Marine growth studies on the North Sea oil platform Montrose Alpha, *Marine Ecology Progress, Series 8*: 61-68.
 Robert, F. et al., 1985, Bio-shield: An antifouling system for offshore platforms that works, *Ocean*, 62—70.
 Southgate, T. et al., 1985, Mussel fouling on the Celtic Sea Kinsale field gas platforms, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20: 651-659.
 Wolfson, A., 1979, The marine life of an offshore oil platform, *Marine Ecology Progress, Series 1*: 81-89.

ECOLOGICAL STUDIES OF MARINE FOULING ORGANISMS ON OIL PLATFORMS IN THE BOHAI SEA*

Huang Xiuming, Yin Jiande, Liu Jianjun and Peng Shujie
(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Zheng Guoan, Liu Shugong, Wang Xu, Liu Wanshan and Cao Jing
(Bohai Engineering & Design Company)

Abstract

Accumulation of fouling organisms on the support legs of an oil platform seriously alters the hydrodynamic loading, which can cause heavy losses if it collapses during storms.

This investigation was aimed to identify, and collect foulers, and obtain basic biological data to meet the needs of the design engineer responsible for the safety of the oil platform.

The cooperative investigation was carried out by the Institute of Oceanology, Academia Sinica in cooperation with the Bohai Engineering and Design Com-

*Contribution No.2160 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

pany. All samples were collected by divers.

75 species of marine fouling organisms were obtained from biofouling investigation on five fixed oil platforms during the period from July to August 1989. The dominant species were *Mytilus edulis*, *Sargatia rosea*, *Ostrea denselamellosa*, *Hiatela orientalis*, *Membranipora grandicella*, *Hydroides exoensis*, *Balanus uliginosus* etc. The fouling organisms aerial weight, thickness, and specific gravity were 88.25—46147.75 g/m², 1—32 cm, and 1.000—1.485 respectively. Our data clearly show that the feature and extent of marine fouling organisms vary with time, site, water depth and the distance of the oil platform from the coast.