

中国几个主要海港附着生物生态的研究*

李潔民 黃修明 黎国珍 林如杰

(中国科学院海洋研究所)

海洋附着生物是指附着于船艙、浮标、碼頭、繩索、輸水管道等水工建築物水下部分物體表面動植物的總體而言。附着生物在船底的附着生長會降低船速，影響助航和科學探測儀的使用效果；其他水工建築物上附着生物的附着生長會導致浮力的減少，有些種類會促進鋼鐵表面的腐蝕作用，縮短使用年限；沿海工廠冷卻用水管道系統中，生物的附着生長會縮小管道的有效截面，減少供水量。附着生物與海防、海運交通，工業和漁業生產都有密切關係，給經濟和軍事活動帶來很大的危害。因此，附着生物問題很早就引起人們的重視。為了避免它的危害，近三十年來，國外很多學者從各個不同的角度進行了大量有意義的調查研究工作^{[1]-[31]}，國內有關附着生物的研究，在生態方面有鄭重等^[3]和黃宗國等^[9]關於廈門港附着生物生態的研究以及黃宗國等^[10]關於榆林港的附着生物及其與廈門港的比較三篇調查研究報告。在防除方面有戴笠^[12,13]和姜康後及劉健等^[7]幾篇報告。我國面臨渤海、黃海、東海、南海，有很長的海岸，無數大小的海灣和優良的海港，都未曾作過系統的調查，缺乏這方面的資料。為了了解和獲得全國各主要海港附着生物的种类、分布、附着量的變動規律以及主要附着种类の附着季節等附着生物的基本資料，助於採取有效的防除措施。1958年開始，在我國沿岸選擇了若干有代表性的海港進行了系統的試板試驗。本文即根據五年來先後在我國秦皇島、大連、青島、石浦、榆林等港共設置的2,524塊試板，其中檢查1,513塊試板所得資料的一部分寫成的。

一、實驗方法和材料整理

為了搜集海洋附着生物的資料，我們採用了海港試板實驗的方法，即在各海港特制的浮動試架或浮碼頭的側面懸掛兩組試板，按規定時間取換，取下後用紗布包裹，保存於5%福爾馬林固定液中，除保留作參考的一組外，另一組進行檢查，標本全部保存。

試板全為木質，分月板、季板、年板三類，與水面垂直設置。每組分表、中、下三層，表層緊靠水面，中層離水面2米，下層離水面4米。為了易於區別不同的水層，試板的面積表層為14×8厘米，中層為16×8厘米，下層為18×8厘米。檢查的面積三層一律為100平方厘米。試板的數目每組每層全年有月板12塊、季板4塊、年板12塊，三層共計84塊。下取試板的程序和在海中浸放的時間：月板每月換取一塊，即每塊月板在海中浸放一個月；季板每一季度換取一塊，即每塊季板在海中浸放三個月；年板12塊實驗開始時

* 中国科学院海洋研究所調查研究報告第232号；

本文所涉及的石浦港和榆林港的資料編寫的報告，分別於1961年全國海洋科學學術會議（青島）和1962年全國動物生態及區系分類會議（廣州）上宣讀過。這項研究工作是在導師張麗教授的指導下進行的，並承齊鍾彥、劉瑞玉、鄭執中、吳寶鈴諸位先生提供很多寶貴的意見；在實驗過程中，承上海船舶科學研究所大連造船廠及海軍有關部門給予大力協助；我所董美齡、張雲美、王禎瑞、陳蕙蓮同志參加過部分工作，特此一併致謝。

全部投放,每滿一个月,取出一块,分 12 次取完,即 12 块年板依次在海中浸放 1 个月,2 个月……12 个月。

試板的检查: 分別鉴定附着生物的种类,用百分比計算框,計算各种生物在整块試板上所占的面积。除了海藻和羣体动物外,其余的种类均計算其数量。从試板上取下的各种生物經鉴定后分別称量,称量时先用吸水紙吸干表面的水分,然后用感量 1/100 的扭力天平称重,以計算其附着量(克/米²)。

为了避免发生偶然的現象,第二周年的实验,我們將各港月板、季板每层的数目增至 5 块,检查 4 块,保存 1 块;各板分別检查,把 4 块检查的結果总合再平均而得出每层月(季)板的数量。第三周年把大連、青島兩站实验試板面积加大,采用 18×15 厘米,19.5×15 厘米,21×15 厘米,检查面积一律为 225 平方厘米。

二、各实验港的自然环境和附着生物的基本概况

1. 秦皇島港

秦皇島港位于渤海湾西部,港内风浪不大,每日一次潮汐,潮汐周期和潮流由于受风的影响頗不規則。海水表层水温以 6—9 月較高,最高月份为 8 月,月平均水温 26.5°C;最低月份 1 月,水温零下 1.5°C,年温差达 28°C。沿岸一带自 12 月上旬到翌年 1 月底約有两个月的冰冻期,海水盐度一般为 27.00—29.80‰,最低能下降到 10.34‰。实验試板所在地,水深滿潮时 7.5 米,低潮时 6.3 米,海底沙泥质,由于水浅,风浪易于攪动海底沙泥,因而海水較混浊,透明度 1—2 米,风浪較大的月份,海水透明度仅有 0.5 米。

我們在秦皇島港自 1962 年 3 月 6 日开始到 1963 年 3 月 6 日止进行了周年海港試板实验,共获得大型动物 30 种。其中以苔蘚动物和軟体动物的种类最多,海藻仅在春季季板上出現过一次。羣落中各类动物量的百分組成,以苔蘚动物量最大,占 86.9%,軟体动物次之占 9.4%,腔腸动物占 2.9%,多毛类、甲壳类和卵羣共占 0.8%。以西方三胞苔虫 *Tricellaria occidentalis* (Trask), 独角裂孔苔虫 *Schizoporella unicornis* (Johnston) 和密鳞牡蠣 *Ostrea denselamellosa* Lischke 为这一羣落的优势种。現將每月在試板上附着的种类列于表 1。

从表 1 可以看出: 4 月份的試板上仅发现有少量钻蝕木材的蛀木水蟲,还没有营固着生活的种类,5—9 月份附着的种类增多,到 10 月份有些种类已經停止附着,只有少量的独角裂孔苔虫,11 月以后到翌年 3 月,水温急剧下降沒有发现生物附着。

各月主要种类附着量的百分比見图 1。附着量的变动(图 1)可以分为二段: 自 11 月到翌年 3 月,海水温度低(6.8—1.5°C),在这段寒冷期間沒有生物附着,从 4 月份开始到 10 月份水温較高,附着生物的附着量也随着水温的上升逐漸增大,到 8 月份是最高点。此后,随着水温的下降而变小,变化的幅度为 0.2—15.3 克/米²,最低为 4 月份附着 0.2 克/米²,8 月份最高 15.3 克/米²,9、10 两个月附着量显著下降,一年仅出現一次高峯。各季附着量(图 2)以夏季最大,依次为秋季和春季,冬季处于海水的冰冻期沒有生物附着。动物的水层分布(图 3)以中层为最多,表层略少于中层,下层最少。三个水层附着总量的比数,月板約为 3.5:4:1,年板 3.4:3.5:1。

秦皇島港主要的附着动物种类有西方三胞苔虫,独角裂孔苔虫,肋苔虫 *Electra tenella*

表 1 秦皇岛港每月附着的种类及其附着量(克/米²)(1962.3—1963.3)
Table 1. Fouling organisms and its weight (g/m²)
attached for each month at Chinwangtao.

种类 Name of organisms	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
西方三胞苔虫 <i>Tricellaria occidentalis</i>			0.2	0.7	0.8	6.5	2.3					
螺旋虫 <i>Spirorbis</i> sp.			0.2	0.3	3.7	1.7	1.2					
肋苔虫 <i>Electra tenella</i>				0.3	0.3	6.5	1.7					
独角裂孔苔虫 <i>Schizoporella unicornis</i>					0.5			0.2				
蛙木水螅 <i>Limnoria</i> spp.		0.2	0.2									
端足类 Amphipoda			0.2									
瓷蟹 <i>Porcellana</i> sp.							0.2	0.2				
十足类 Decapoda							0.2	0.2				
密鳞牡蛎 <i>Ostrea denselamellosa</i>					8.7							
雅致鹿眼螺 <i>Cingula elegantula</i>							0.2					
马氏核螺 <i>Pyrene martensi</i>								0.2				
齿舌棘苔虫 <i>Acanthodesia savartii</i>							0.2					
复瓦波苔虫 <i>Bowerbankia imbricata</i>								0.3				
多枝真枝螅 <i>Eudendrium rameum</i>				1.7								
白花管苔虫 <i>Tubulipora pulchra</i>				0.2								
卵羣 Egg clusters			0.2									

(Hincks), 密鳞牡蛎, 褶牡蛎 *Ostrea plicatula* Gmelin 和螺旋虫 *Spirorbis* sp. 等 5 种, 各种的附着季节见图 4。

1. 西方三胞苔虫 *Tricellaria occidentalis* (Trask) 是一种白色直立树枝状的羣体, 在秦皇岛港的附着期为 5—9 月, 5—7 月份附着量很少, 主要附着期为 8—9 月, 8 月份为全年中的附着高峰, 附着量为 6.5 克/米², 为这个港附着生物羣落的优势种。其附着水层以表层最多, 中层次之, 下层最少。三个水层的比数约为 2:1:0.05。

2. 独角裂孔苔虫 *Schizoporella unicornis* (Johnston) 是一种平铺片状的羣体。附着期为 6—10 月。在甲板上的附着量很少, 但是一经附着后就迅速生长, 扩大羣体面积, 时常成片地复盖于早期附着的螺旋虫的表面, 而成为羣落发展后期的优势种。由于它的总担上触手的运动, 具有抵抗少量淤泥沉积的能力。独角裂孔苔虫的水层分布也是表层最多, 中、下层次之, 三个水层的比数约为 2:1:1。

3. 肋苔虫 *Electra tenella* (Hincks) 也是平铺片状的羣体, 主要附着期是 8—9 月。全年附着高峰出现于 8 月, 附着量 3.7 克/米²。它与独角裂孔苔虫具有同样的生态特性, 有时彼此复盖生长, 也是羣落中的优势种。水层分布以表层特多, 中、下层较少, 三个水层的比数约为 20:1:2。

4. 牡蛎 *Ostrea* spp. 在秦皇岛附着的牡蛎有密鳞牡蛎 *Ostrea denselamellosa* Lischke 和褶牡蛎 *Ostrea plicatula* Gmelin 两种。在试板上附着出现的附着期很短, 仅在 7 月份的甲板上附着, 但附着密度很大, 每平方米附着的个体数达 14,500 个。附着的个体生长期长, 在长期的试板上逐渐地成为羣落的优势种。水层分布以中层最多, 表层和下层很少, 三个水层的比数为 1.5:23.5:1。

5. 螺旋虫 *Spirorbis* sp. 是一种具有白色石灰质的管栖多毛类。附着期为 5—

10月,主要附着期为7—9月,附着高峰出现于7月份,附着量为3.7克/米²。螺旋虫个体小,附着量虽然不大,而附着密度确很大,最大附着密度为每平方米27,450个。由于个体小,它占据的实际附着面积虽然并不大,然而数目众多的个体分散附着在试板上,一眼看来全是螺旋虫。但容易被其他的动物所复盖而发生死亡,在长期的试板上所存留的个体不多。螺旋虫的水层分布以中层最多,下层次之,表层最少,三个水层的比数为1:13.5:6.5。

II. 大連港

大連港位于辽东半岛的南端,在大連湾内。海湾面积较大。水深7—18米,岩石性海岸。港口宽阔,港内海水受风浪影响大。港的水温6—10月较高,最高月份为8月(25.08°C),1月份最低(-0.8°C)。特别寒冷的年份,1月平均水温可降到零下5°C,一般年温差为27°C。实验试板设于港内大連造船厂的码头。码头附近水深6—8米,海水盐度29.0—31.0‰,透明度2.5米,港内水域承受陆域排水的影响,水面上浮有大量机油,严重影响附着生物在表层试板上附着。

自1959年3月—1962年3月,在大連港重复进行了三周年海港试板实验。共获得了大型动物77种,海藻27种。种类较秦皇岛港丰富。群落中各类动物量的百分组成,三年有所变动:第一年以软体动物最多占62.2%,甲壳类次之占26.5%,海鞘5.5%,苔藓虫3.3%,其他如海绵、腔肠、涡虫、多毛类等量都很少。第二年,以甲壳类所占的百分比最大为92.7%,软体动物较少,仅占4.4%。第三年甲壳类占69.0%,软体动物22.2%,苔藓虫4.3%,其他类别的量都很少。在甲壳类和软体动物中,最主要的是布纹藤壶 *Balanus amphitrite communis* Darwin 和贻贝 *Mytilus edulis* Linné, 它们是群落的优势种。大連港每月在月板上附着出现的种类列于表2:

3、4月份水温仍然很低,月平均水温在10°C以下,这时还没有营固着性的动物附着,附着海藻只有少量的软丝藻 *Ulothrixflacca* Thur.。5—10月附着种类逐渐增加。10月以后又趋于减少。1—2月份只能发现个别的端足类,没有其他的生物附着。三年中各月附着生物的附着量及主要种类的百分比见图5,月附着量的变动(图5)附着高峰在第一和第三年出现于8月份,第二年出现于7月份。从三年的资料可以看出海水温度较高的7—8月份是附着生物附着最多的时期,季附着量(图6)以夏季最大,春、秋季相近,冬季最少。动物的水层分布(图7)在月板和年板均以中层最多,月板表层少于下层,三个水层的比数为1:2.3:1.5。年板表层略多于下层,三个水层附着总量的比数为1.3:2.7:1。海藻的附着量很少,与动物相比,其比数为1:100,附着种类以绿藻最多。海藻的水层分布与动物不同,是以表层为最多,中层很少,下层没有发现,三个水层的比数为1.5:1:0。

大連港的主要附着生物种类有布纹藤壶,白藤壶 *Balanus crenatus* Bruguière, 贻贝,加州草苔虫 *Bugula californica* Robertson, 海筒媳 *Tubularia marina* Torrey, 曲膝数枝媳 *Obelia geniculata* (Linné) 和浒苔 *Enteromorpha* spp. 等。各主要种类的附着季节见图8。

1. 藤壶 大連港的藤壶计有三种,布纹藤壶 *Balanus amphitrite communis* Darwin, 白藤壶 *B. crenatus* Bruguière, 糊斑藤壶 *B. amphitrite cirratus* Darwin。主要是前种,后一种量极少。藤壶的附着期为5—10月,第一年有二个附着高峰,出现于5月和8月,附着量分别为345.2克/米²和1678.5克/米²。第二年附着量很小,附着高峰出现于7月。第

表2 大連港每月附着的种类及其附着量(克/米²)(1961.3—1962.3)
Table 2. Fouling organisms and its weight (g/m²)
attached for each month at Dairen.

种类 Name of organisms	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
端足类 Amphipoda	0.2	0.2	0.5	9.0	1.2	1.0	3.0	1.2	0.2	0.2		0.2
蛀木水蟲 <i>Limnoria</i> spp.	0.3	0.3	0.3	0.2					1.5			
白藤壺 <i>Balanus crenatus</i>			12.5	705.3								
布紋藤壺 <i>Balanus amphitrite communis</i>					143.8	4753.2	366.8	116.5				
海筒螞 <i>Tubularia marina</i>			1.0	31.3	3.3							
曲膝叢枝螞 <i>Obelia geniculata</i>			4.7	0.7	2.5	0.2						
細管眞枝螞 <i>Eudendrium carpilla</i>					5.2	1.2	0.3	0.3				
加州草苔虫 <i>Bugula californica</i>					62.8	1182.0	171.8	45.0	0.2			
沙蚕 <i>Nereis</i> sp.			0.3	0.2	8.3	1.8	6.8		0.3	0.3		
裂虫 <i>Syllis</i> sp.				0.3	0.5			0.2		0.2		
网紗帳苔虫 <i>Conopeum reticulum</i>				0.2	3.3	0.2						
內刺盤管虫 <i>Hydroides exoensis</i>					1.7	0.2	3.3					
貽貝 <i>Mytilus edulis</i>					0.3	3.7	13.7					
龙介虫 <i>Serpula</i> sp.						0.3	0.3	0.2				
寻氏肌蛤 <i>Musculus senhousi</i>						0.3	0.2	1.8				
玻璃海鞘 <i>Ciona intestinalis</i>						0.2	62.3	0.3				
菊海鞘 <i>Botryllus</i> spp.						0.2	19.0	12.2				
褶牡蠣 <i>Ostrea plicatula</i>					0.2							
蒴蛤 <i>Asaphis</i> sp.						0.2	0.3					
蛤子 <i>Venerupis</i> sp.							0.2					
隱伏片螺 <i>Lamellaris latans</i>					0.3							
哈鱗虫 <i>Harmothoe</i> sp.					0.2							
側刺盤管虫 <i>Hydroides norvegica</i>						0.2						
艾氏美螞 <i>Clytia edwardsi</i>					0.2							
肋苔虫 <i>Electra tenella</i>			0.5		0.3							
复瓦波苔虫 <i>Bowerbankia imbricata</i>					0.2							
海綿 <i>Spongia</i>								0.3				
軟絲藻 <i>Ulothrix flacca</i>	0.3	0.7										
长石蓴 <i>Ulva linza</i>					10.5							
浒苔 <i>Enteromorpha</i> spp.			0.8	1.2	7.0		2.0		0.3			

三年有二个附着高峯, 出現于6月和8月, 附着量分別为705.3克/米²和2880.3克/米²。藤壺在附着盛期的附着量虽然很大, 但导致其大量死亡的因素也很多, 羣落发展过程中苔藓虫、复海鞘、貽貝等动物的复盖, 特别是由于后者大量繁殖附着, 以其发状足絲纏裹藤壺, 都能迫使其大量死亡, 因此成长的个体仍保持一定的比数。

布紋藤壺 *Balanus amphitrite communis* Darwin 是大連港最主要的种类, 附着期5—10月。5—7月附着量較小, 8月份为附着盛期, 最大附着量为7,124.5克/米², 以中层附着最多。布紋藤壺在大連港附着变态后生长一个月的个体底盘直径7月份达4—6毫米, 8月份达9—10毫米, 9月份达8毫米, 10月份3—4毫米。幼虫附着后第一个月的生长速度各个月份不相等, 水温高的月份生长快, 水温低的月份生长較慢。布紋藤壺个体小, 在大連港生长7个月的个体, 其底盘直径仅有12毫米左右, 其生长速度最初三个月

底盘直径的增大成直线上升,以后就无很大的增长,在水温较高的月份二个月就几乎达到“最大体积”。性成熟快,附着生长一个多月的个体就能进行繁殖。8月份附着的高峯的形成,一是由于前一年附着生长的个体在7月份即进行繁殖,一是由于当年春末夏初附着的个体也在此时达到性成熟阶段。

白藤壶 *Balanus crenatus* Bruguière 繁殖时所要求的水温比布纹藤壶低,因此,其繁殖附着期较早,5—6月为其附着盛期,6月份附着量为705.3克/米²,为大連港5—6月份藤壶第一个高峯的形成者。其水层分布也与布纹藤壶不同,是以下层最多。白藤壶附着后生长一个月,底盘直径可达6—8毫米,其生长情况与布纹藤壶相似,最初三个月生长较快。

2. 貽貝 *Mytilus edulis* Linnè 为两极同源种,在北半球分布南界約在夏季月平均水温26.6°C,在我国分布于黄、渤海,是大連港附着生物羣落中的优势种,附着期为6—9月。自受精卵开始,直到附着变态約需45—65天^[11]。因此它的繁殖期应自4月份开始到7月中旬,貽貝的附着量以8、9月较大,最大附着量8月为20.5克/米²,附着密度每平方米5,700个。水层分布与其幼虫的背光反应相关。以中层最多,下层次之,表层极少。貽貝从附着到第二年的二月份,这段时间基本上呈直线上升地生长,生长9个月的个体壳长可达54毫米。大連港附着生物羣落中,貽貝的大量附着生长,其发状足絲滿布整个試板表面,而使早期在試板上附着的藤壶被足絲纏裹发生严重的死亡。貽貝的附着对藤壶生长不利,而藤壶占据了附着基对貽貝的附着却没有很大的影响,因为它可以附着在藤壶的表面。

3. 加州草苔虫 *Bugula californica* Robertson 是一种白色直立双分叉的树枝状羣体。附着期6—11月,第一年附着高峯出現于7月份,月附着量415.6克/米²,第二年附着量很少,第三年附着高峯出現于8月,月附着量1,181.7克/米²。最大附着量可达2,825.0克/米²,复盖面积达96%,几乎整块試板都被它布滿。附着后第一个月的羣体生长的高度达15毫米。水层分布以中层为最多,表层其次,下层最少,三个水层的比数約为2:7:1。在大連港加州草苔虫是与藤壶竞争附着基的劲敌,但藤壶在附着基上附着后对它影响不大,它可以附着在藤壶的表面。

4. 海筒蛄 *Tubularia marina* Torrey 是一种直立不分枝,整个茎部粗細相似,环輪較显著的水蛄羣体。它在大連港的附着期分二段:5—7月和10月,在水温最高的8—9月份沒有发现,附着高峯出現于6月,月附着量31.3克/米²,最大附着量为53.5克/米²。水层分布以表层最多,中、下层相似,三个水层附着总量的比数为2.5:1.2:1。

5. 曲膝蕨枝蛄 *Obelia geniculata* (Linnè) 是一种芽鞘互生的直立分枝水蛄羣体,附着期与海筒蛄相似,分二段5—7月和11—12月,附着量比海筒蛄小,附着高峯出現于5月,月附着量只有4.7克/米²,但水蛄根在試板上匍匐,交織成网状复盖面积较大。

6. 澹苔 *Enteromorpha* spp. 大連港的澹苔种类很多,有管澹苔 *Enteromorpha tubulosa* Kütz., 条澹苔 *E. clathrata* (Roth) Grev. emend. Bliding, 腸澹苔 *E. intestinalis* (L.) Link, 螺旋澹苔 *E. spiralis* Tseng et C. F. Chang 和澹苔 *E. prolifera* (Müll.) J. Ag. 等。但量都很少,附着期5—7, 9, 11月,附着量以6—7月较大,附着高峯出現于7月,附着量7.0克/米²。

III. 青島港

青島港位于山东半島南岸胶州湾內, 由一条极长的突堤围成。潮汐类型为規則的半日潮。試板設置于大港西面的中港內, 由两条突堤合抱围成的水域, 水深 5—7.5 米, 风浪很小, 水面十分平靜, 海水表面有时有附近工厂流出的少量油脂。海水温度以 4—10 月份較高, 最高月份 8 月水温 27.4°C, 1—2 月份最低均为 2.9°C, 年温差 24.5°C。海水較清, 透明度 2—4 米。

我們在青島中港重复进行了三周年的海港試板实验, 共获得大型附着动物 86 种, 附着海藻 29 种, 附着种类相当丰富, 仅次于榆林而居第二位。羣落中各类动物量的百分組成三年頗为一致, 以海鞘类最多, 依次为甲壳类、軟体动物。第一年海鞘占 44.5%, 甲壳类占 46.0%, 軟体动物占 6.0%, 苔蘚动物占 2.1%。第二年海鞘占 83.9%, 甲壳类占 8.3%, 軟体动物占 5.3%, 苔蘚动物占 1.1%, 第三年海鞘占 60.7%, 甲壳占 26.4%, 多毛类占 8.4%, 軟体动物占 3.1%。其他类别如腔腸动物、扁虫、海綿等所占的比例均很小。在海鞘类和甲壳类中最主要的是柄海鞘 *Styela clava* Herdman 和布紋藤壶, 它們在数量上起着决定性的作用, 是羣落的优势种。青島中港每月在月板上附着出現的种类列于表 3:

3 月份水温还較低(6.2°C), 除麦稈虫外, 沒有营固着性生活的动物附着。海藻仅有少量的軟絲藻 *Ulothrix flacca* Thur. 和藟苔 *Enteromorpha* spp.。4 月与 3 月相似, 附着生物种类仍然較少, 仅增加了一种东方鈎岩蛤 *Hiatella orientalis* (Yokayama) 和馬氏核螺 *Pyrene martensi* (Lischke), 端足类 Amphipoda 等活动种类。5—8 月附着的种类逐漸增加。6—8 三个月是一年中附着生物的种类最丰富的月份。9 月以后又趋于減少, 到寒冷的 1—2 月只剩一些活动的种类。三年中各月附着生物的附着量及主要种类組成的百分比見图 9, 月附着量的变动(图 9)在第一年以 10 月份的附着量最大(1243.3 克/米²), 7、8 两月相似, 附着量分别为 652.3 和 733.0 克/米²。第二年以 6 月份的附着量最大(727.4 克/米²), 7—9 三个月相近, 附着量都在 600 克/米²以上, 第三年以 8 月份附着量最大(2,898.4 克/米²), 9 月其次(744.9 克/米²)。一年只有一个附着高峯, 出現于 6—10 月之間。11 月以后到 5 月这段期間每月的附着量都不超过 50 克/米²。季附着量(图 10)以夏季最多, 依次为秋、春季, 冬季最少。动物的水层分布(图 11)以中层最多, 表层其次, 下层最少。三个水层附着总量的比数, 月板为 2.5:3.5:1, 年板为 1.5:7.5:1。附着海藻以表层最多, 中层其次, 下层最少, 三个水层附着总量的比数为 58:11:1。

青島港的主要附着生物种类有柄海鞘, 克氏藤壶 *Balanus amphitrite Krügeri* Nilsson-Cantell, 布紋藤壶, 糊斑藤壶 *B. amphitrite cirratus* Darwin, 菊海鞘科 Botryllidae 的一些种类, 加州草苔虫, 褶牡蠣 *Ostrea plicatula* Gmelin 和藟苔。各主要种类的附着期見图 12。

1. 柄海鞘 *Styela clava* Herdman 是西北太平洋北温带种类, 在我国仅分布于黄、渤海, 是青島港附着生物羣落的优势种。根据我們的資料柄海鞘在新下海的月板上不适宜附着, 因此在表 3 (月板) 附着种类中未列。但在羣落发展的后期則以柄海鞘居于绝对优势的地位。其附着期是由 6 月到翌年的 2 月。3—5 月在試板上沒有发现幼虫附着, 可能是由于我們的实验試板是在 3 月份下海, 在海水中浸放的时间短, 不适于柄海鞘附着

表3 青島港每月附着的种类及其附着量(克/米²)(1959.3—1960.3)
Table 3. Fouling organisms and its weight (g/m²)
attached for each month at Tsingtao.

种类 Name of organisms	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
麦杆虫 <i>Caprella</i> sp.	1.2	33.0	11.0	14.7	94.3	1.3		0.7	0.3	0.3	2.7	14.2
端足类 Amphipoda		0.5	2.7	6.0	6.2	5.5	1.2	6.7	0.5	0.3		0.5
布纹藤壶 <i>Balanus amphitrite communis</i>				3.8	146.2	511.0	139.7	1192.8				
克氏藤壶 <i>Balanus amphitrite krügeri</i>				190.8	169.8	8.2	3.5					
糊斑藤壶 <i>Balanus amphitrite cirratus</i>				0.7	9.7	103.0	0.3					
蛀木水虱 <i>Limnoria</i> spp.			0.5	0.2	0.5	6.3	2.5	0.5		0.2		0.3
菊海鞘 Botryllidae			0.2	1.8	17.8	6.7		7.5	0.3			
加州草苔虫 <i>Bugula californica</i>				1.8	194.2	155.0	0.2	31.5				
褐草苔虫 <i>Bugula neritina</i>							0.7	0.8				
西方三胞苔虫 <i>Tricellaria occidentalis</i>			0.2	15.3					0.3			
阔口磨槽苔虫 <i>Cryptosula pallasiana</i>			0.5	2.5	0.8	3.5						
褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i>					7.7	0.2	0.2					
东方钻岩蛤 <i>Hiatella orientalis</i>		0.3	0.3									
馬氏核螺 <i>Pyrene martensi</i>		2.0	0.3									
云石肌蛤 <i>Musculus marmoratus</i>					0.2							
李氏不等蛤 <i>Anomia lischkei</i>					0.2							
荔枝螺 <i>Thais</i> sp.						0.5		1.2				
后鳃类 Opisthobranchia						0.2		5.2				
粗棍螭 <i>Coryne crassa</i>				0.2	0.3							
曲膝散枝螭 <i>Obelia geniculata</i>					1.2							
内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i>					0.2			0.5				
螺旋虫 <i>Spirorbis</i> sp.							0.2					
鳞沙蚕 Aphroditidae				0.3								
裂虫 <i>Syllis</i> sp.				0.2				0.2	0.3			
沙蚕 <i>Nereis</i> sp.						1.3	1.2					
叶鬚虫 <i>Phyllodoce</i> sp.				0.2			0.2	5.5				
海蛸 Opheliidae								0.3				
玻璃海鞘 <i>Ciona intestinalis</i>				0.2	2.5							
米氏小叶鞘 <i>Leptoclinum mitsukurii</i>						21.5						
网沙帐苔虫 <i>Conopeum reticulum</i>					0.3							
瓷蟹 <i>Porcellana</i> sp.						0.3	0.3					
涡虫 Turbellaria						1.0						
軟絲藻 <i>Ulothrix flacca</i>	0.5	0.2										0.2
浒苔 <i>Enteromorpha</i> spp.	0.5	0.2	0.5	0.5	2.6	0.8	0.7	2.5	19.6	0.2	0.2	
长石莖 <i>Ulva linza</i>			4.2	0.5	2.0			0.2		0.2		

的緣故。这段期間是否有柄海鞘繁殖附着还有待进一步地探討。

2. 藤壶 青島試板上附着的藤壶有三种, 克氏藤壶 *Balanus amphitrite Krügeri* Nilsson-Cantell, 布纹藤壶 *B. amphitrite communis* Darwin 和糊斑藤壶 *B. amphitrite cirratus* Darwin。

克氏藤壶 *Balanus amphitrite Krügeri* Nilsson-Cantell 附着期一般是6—10月, 但有的年份也能提前, 如1960年的4、5月份就有极少量的个体附着。主要附着期是6—7月, 8—10月附着很少。克氏藤壶个体较大, 最大个体底盘直径可达21.5毫米, 生长

期比布紋藤壶长,性成熟也比布紋藤壶慢,約需 2—3 个月左右,其生长速度在幼虫附着后最初二个月生长最快,以后逐渐变慢。

布紋藤壶 *Balanus amphitrite communis* Darwin 是青島港藤壶中量最大的一种。它的附着期长,自 6 月开始到 11 月都有附着,附着高峯第一年出現于 8 月和 10 月,附着量分别为 511.2 和 1,182.8 克/米²。第二年出現于 7 月和 9 月,附着量分别为 490.2 和 864.7 克/米²。第三年出現于 8 月和 9 月,附着量分别为 1,379.6 和 729.0 克/米²。青島的布紋藤壶的个体一般比大連的大。生长情况与大連相似,幼虫附着后头三个月就已达到“最大体积”,性成熟較克氏藤壶快,約为 1—2 月。

糊斑藤壶 *Balanus amphitrite cirratus* Darwin 附着期 6—9 月,除第一年 7 月份量較大外 (174.3 克/米²),其余各月份量都很少。糊斑藤壶的外形和个体的大小与布紋藤壶相似。附着后最初三个月生长快将近达到“最大体积”,性成熟也較快,为时 1—2 个月。

在青島港的三种藤壶中,以布紋藤壶和克氏藤壶最重要。它們的附着期,克氏藤壶偏前,布紋藤壶偏后,但布紋藤壶的附着期比克氏藤壶长。

3. 复海鞘 青島港的复海鞘有紫拟菊海鞘 *Botrylloides violaceum* Oka, 大菊海鞘 *Botryllus magnicoecus* (Hartmeyer) 和史氏菊海鞘 *B. schloseri* (Pallas)。羣体有赤紅色、紫紅色、橙黃色和暗黑色等极鮮艳的色彩。附着期为 5—11 月。主要附着在藤壶表面,由于它們的羣体不断扩展,成片地复盖,不利于藤壶生长,是导致藤壶死亡原因之一。第一年的附着高峯是 7 月,附着量为 17.8 克/米²。第二年的附着高峯出現于 8 月和 10 月,附着量分别为 11.6 和 14.5 克/米²。第三年的附着高峯出現于 7、8 月,附着量分别为 56.8 和 21.0 克/米²。水层分布以中层为最多,下层次之,表层最少,三个水层附着总量的比数为 1:4:2。

4. 加州草苔虫 *Bugula californica* Robertson 在青島的附着期为 6—10 月,附着高峯第一年出現于 7、8 月,附着量 194.2 和 155.0 克/米²,第二年出現于 8 月,附着量 68.6 克/米²。第三年出現于 7 月,附着量 51.6 克/米²。水层分布以表层最多,中层次之,下层最少,三个水层附着总量的比数为 13:8.5:1。

5. 褶牡蠣 *Ostrea plicatula* Gmelin 是一种較小型的牡蠣。附着期为 7—9 月,三年的附着高峯均出現于 7 月。自受精卵到幼虫的附着变态約需 20 多天^[8],因此可以推算褶牡蠣的繁殖期应自 6 月初开始,这时水温大約是 20℃。褶牡蠣在木質試板上的附着量不大,但由于它在附着后最初几个月生长快,約 3—4 个月就能生长达到“最大体积”,生长時間长,因此仍然是附着生物中的主要种类,危害較大。在我們的实验观察过程中发现 ①在另一組水平方向投放的試板,上面(阳面)附着的个体很少,下面(阴面)附着的个体較多。②木質試板附着的个体少,花崗岩石墜上附着的个体多。水层分布以中层最多,表层次之,下层最少,三层附着总量的比数約为 2.5:6.8:1。

6. 澱苔 青島港試板上附着的澱苔种类很多,有螺旋澱苔 *Enteromorpha spiralis* Tseng et C. F. Chang, 腸澱苔 *E. intestinalis* (L.) Link, 管澱苔 *E. tubulosa* Kütz, 曲澱苔 *E. flexuosa* (Wulf.) J. Ag., 扁澱苔 *E. compressa* (L.) Grev., 条澱苔 *E. clathrata* (Roth) Grev. emend. Bliding 和澱苔 *E. prolifera* (Müll) J. Ag 等。附着期很长,自 3 月

开始一直到翌年1月都有幼苗附着,但附着量很少,附着高峯出现于7和10月,附着量分别为2.6克/米²和2.5克/米²。水层分布以表层最多,中层次之,下层最少,三层附着总量的比数约为77:11:1。

IV. 石浦港

石浦港位于浙江省北部。海水盐度较低,一般为27.00—28.00‰,有时可低至25.00‰,或高达33.00‰。海水水温月平均值变化幅度为9.0—27.0℃,年温差达18.0℃。浙江沿岸由于长江径流及沿岸大小河流的影响,海水泥沙含量多,透明度小,除5—7月份较清彻外(透明度35厘米)其他月份都很混浊。实验试板下置处水较青岛港为深。

自1959年3月—1961年3月,我们在石浦港重复进行了二周年的海港试板实验,共获得了大型附着动物72种,海藻4种。群落中各类动物量的百分组成,第一年以甲壳类最多,占附着总量的84.7%,腔肠动物其次,占13.4%,两者之和为98.1%。第二年与第一年相当一致,甲壳类占75.3%,腔肠动物占21.7%,两者之和为97.0%。其他如软体动物、多毛类、苔藓动物、棘皮动物、海鞘类、卵囊等所占的比例极少。甲壳类中几乎都是藤壶,占这类动物总量的99.6%;腔肠动物中以海葵、海筒螅的量最大,前者占腔肠动物总量的60.6%,后者占34.8%。克氏藤壶 *Balanus amphitrite Krügeri* Nilsson-Cantell, 海葵

表4 石浦港每月附着的种类及其附着量(克/米²) (1959.3—1960.3)

Table 4. Fouling organisms and its weight (g/m²) attached for each month at Shihpu.

种类 Name of organisms	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
海筒螅 <i>Tubularia marina</i>	0.7	56.5	1.0	100.7	715.8	0.2		5.0	3.4			
克氏藤壶 <i>Balanus amphitrite krügeri</i>				484.5	1041.7	20.3	2.7					
海葵 <i>Actiniaria</i>				28.8	138.8	20.7	61.3	3.4	0.7	0.1		0.1
长额管栖蟹 <i>Cerapus longirostris</i>			0.3		5.6	0.2	0.2	0.2				
麦杆虫 <i>Caprella sp.</i>				8.8	0.8	1.5						
端足类 <i>Amphipoda</i>				14.0	9.6	23.3	0.3	0.2				
糊斑藤壶 <i>Balanus amphitrite cirratus</i>				6.3	8.5							
等足类 <i>Isopoda</i>			0.2									
扇蟹 <i>Xanthidae</i>						0.5						
带肋苔虫 <i>Electra zostericola</i>				8.1								
网沙帐苔虫 <i>Conopeum reticulum</i>				1.7								
榕叶螅 <i>Sertularia sp.</i>				6.3		0.3						
棍螅 <i>Corynidae</i>										0.5	0.1	
李氏不等蛤 <i>Anomia lischkei</i>					2.0							
荔枝螺 <i>Thais sp.</i>					2.2							
红螺 <i>Rapana thomasiana</i>					0.7							
梯螺 <i>Epitonium sp.</i>					0.1	1.7						
角耳铗蛤 <i>Lima basilanica</i>					0.5							
蚶子 <i>Arca sp.</i>						1.7						
織纹螺 <i>Nassa sp.</i>				0.2								
克氏殖口螅 <i>Gonothyrea claki</i>							5.0	2.0				
鳞沙蚕 <i>Aphroditidae</i>				0.3	1.5							
沙蚕 <i>Nereis sp.</i>						8.3						
浒苔 <i>Enteromorpha spp.</i>				0.2	0.2	5.5	2.7					

Actiniaria 和海筒蛄 *Tubularia marina* Torrey 起着主导作用,是石浦港附着生物羣落的优势种。每月在試板上附着出現的种类列于表 4。

从表 4 可以看出 3—5 月份試板上只有海筒蛄和长額管栖蜚附着。6—8 月份有藤壶、海葵、海筒蛄等,附着种类最多,也是附着量最大的几个月份。9—10 月附着种类逐渐减少附着量下降。11—2 月附着的种类只有海葵,棍蛄和海筒蛄。

二年中每月附着生物的附着量及主要种类的百分比见图 13。月附着量的变动,第一年附着高峯出現于 7 月,第二年附着高峯出現于 6—7 月。季附着量(图 14)以夏季最多,依次为秋、春季,冬季最少。动物的水层分布(图 15)月板以下层最多,中层次之,表层最少,三个水层附着总量的比数为 1:1.7:2.5。年板以中层最多,表层次之,下层最少,三个水层附着总量的比数为 1.4:2.5:1。附着海藻三个水层的比数为 34:0:1。

石浦港的主要附着生物种类有克氏藤壶 *Balanus amphitrite Krügeri* Nilsson-Cantell, 海葵 Actiniaria, 海筒蛄 *Tubularia marina* Torrey, 褶牡蠣 *Ostrea plicatula* Gmelin, 真枝蛄 *Eudemdrium* sp., 李氏不等蛤 *Anomia lischkei* Dautzenberg & Fischer, 长額管栖蜚 *Cerapus longirostris* Shen, 克氏殖口蛄 *Gonothyrea clarki* (Maktanner-Turnere) 和潛苔 *Enteromorpha* spp., 各主要种类的附着季节见图 16。

1. 克氏藤壶 *Balanus amphitrite Krügeri* Nilsson-Cantell 在石浦港試板上附着的藤壶有三种: 克氏藤壶、糊斑藤壶和另一种藤壶,其中以克氏藤壶最重要,是石浦港附着生物的优势种,后两种量很少。克氏藤壶的附着期在全年中只限于水温較高的 6—10 月,附着高峯出現于 7 月,附着量为 1,041.7 克/米²,此后附着量逐渐下降,10 月份是附着的尾声。石浦港克氏藤壶的个体一般比青島港的大,其生长速度在幼虫附着后最初 3—4 个月生长較快,以后逐渐降慢。藤壶的金星幼虫在試板上附着后第一个月的生长速度各月有所不同,个体底盘平均直径以 7 月份最大(9.8 毫米),依次为 8 月(6.9 毫米),9 月(6.8 毫米),6 月(6.1 毫米),而以 10 月份最小(2.8 毫米)。7—9 月是一年中水温較高的三个月(26.7—27.7°C),其生长与水温高低有着密切的关系。藤壶的水层分布,6—7 月份上层附着較多,8—10 月份下层附着較多,中层最少,三个水层附着总量的比数約为 4:1:3。

2. 海葵 Actiniaria 体浅黄色,在試板上附着的量仅次于藤壶,但附着時間长,实验所得的資料表明,在全年中除 3、5 月份外,其他各月份都有附着,主要附着期集中在 6—10 月份,附着高峯出現于 7 月(两年皆同),經過附着較少的 8 月份以后,两年的 9 月份又出現第二次附着高峯。12 月以后一直到第二年的 2 月之間附着量大大减少,只有零星的个体附着。海葵在試板上附着后第一个月的生长速度与藤壶相似,亦以 7—9 月份个体平均重量最大。它的水层分布較为均匀,三个水层附着总量的比数为 1:0.8:1.3。

3. 海筒蛄 *Tubularia marina* Torrey 是一种較大型的水蛄虫,茎部不分枝,粗細略相等,环輪不明显与芽体相接处有一細腰,生殖体 9—16 穗粉紅色。附着期为 3—7 月和 9—11 月水温較高的 8—9 月份附着很少和水温較低的 12—2 月沒有附着。第一年附着高峯出現于 7 月,附着量为 715.8 克/米²,第二年全年中附着高峯出現 4 月和 10 月,附着量分别为 106.9 和 24.3 克/米²。其水层分布以中层附着量最大,表层和下层相近,三个水层附着总量的比数为 1:2:1。

褶牡蠣,李氏不等蛤,真枝螭,长額管栖蜚等附着期为6—7月,克氏殖口螭的附着期为8—10月。附着海藻有腸浒苔 *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link 附着期为4—6月,条浒苔 *E. clathrata* (Roth) Grev. emend. Bliding 附着期为6—9月,螺旋浒苔 *E. spiralis* Tseng et C. F. Chang 附着期为9月,但三种海藻的附着量都很少。

V. 榆林港

榆林港地处北回归线以南的热带海区。榆林港是港口小而内部宽敞的袋形海湾,湾内水域面积大,受大陆排水的影响较小。各月平均水温在21.0—33.0°C之间,年温差小,仅为12°C,整年月平均水温都保持在20°C以上,海水盐度一般为33.00—34.00‰,9—10月份雨季期间,海水盐度降低(26.00‰)。港内海水澄清,透明度为2—5米,较其他港都大。

从1959年2月28日开始到1962年6月底止,我們在这个港内重复地进行了三周年海港试板实验,获得了大型附着动物120种,海藻28种,其中綠藻类11种,褐藻类4种,紅藻类10种和藍藻3种。附着动物中有海綿动物4种,腔腸动物13种,紐虫1种,多毛类13种,苔蘚动物28种,軟体动物35种,甲壳类16种,海鞘类10种以及一些貝类的卵羣。附着生物远较我国其他各港为多。在羣落中各类动物附着量的百分組成以軟体动物,海鞘类和苔蘚动物占的比例最大,第一年軟体动物占48.0%,海鞘类占23.5%,苔蘚动物占16.5%。第二年軟体动物占57.6%,海鞘类占20.0%,苔蘚动物占13.6%。第三年軟体动物占85.7%,海鞘类占4.0%,苔蘚动物占6.3%。軟体动物和海鞘类的附着量虽然居于首要地位,但没有突出的优势种。軟体动物具有坚硬沉重的石灰质貝壳,种类又多。海鞘类个体大,所以量也特别大,但附着出現的頻率较小;而苔蘚虫和管栖多毛类出現的頻率大,附着密度大,然而个体小,在量的百分組成上所占的比例便不如軟体动物和海鞘类,不象我国其他海港的优势种,不論在附着量和附着頻率上都居绝对压倒优势。榆林港每月附着的种类很多,但附着量很小,而且三年中各年的情况又不一致,各个月份有哪些种类附着?以哪些种类附着量最大?不象我国其他海港那样有規律性,用一年的資料足以代表。由于附着种类很多,也不能将三年各月附着的种类及其附着量尽列于表上,茲将三年中各月附着量最大的种类列于表5。

从表5可以看出某一个月份,第一年是这种动物附着量大,而第二年就可能是另外一种,变化多样没有固定的規律。三年中各月附着生物的附着量及主要种类的百分比见图17,月附着量的变动,各月附着量比较接近,变动幅度小。第一年的附着高峯出現于3、7、10月,形成高峯的种类分别为悉尼海鞘 *Ascidia sydneyensis* Stimpson, 盘管虫 *Hydroides* sp. 和龙介虫 *Serpula* sp.。第二年附着高峯出現于11月和8月,形成高峯的种类分别为螺旋虫 *Spirorbis* sp., 独角裂孔苔虫 *Schizoporella unicornis* (Johnston), 海綿 *Spongia* 和褐草苔虫 *Bugula neritina* (Linné)。第三年的附着高峯出現于5月和8月,形成高峯的种类分别为磯海綿 *Reniera* sp. 和加州草苔虫 *Bugula californica* Robertson。这些附着高峯的出現都是由于在某一个月中,某种动物突然大量附着,而在其他年份不能重新出現的現象。季附着量的变动(图18),以第一年夏季、第二年春季和第三年冬季的附着量最大。从三年总的情况看,季附着量的变动比较平稳,春、夏、秋、冬四季相似。动物的水层分布(图19)以下层最多,中层次之,表层最少,三个水层附着总量的比数为1:2.5:3.5。海藻的附着量很少,与动物相反,以表层最多,中层次之,下层最少。三个水层附着总量的比数

为 22:2:1。

榆林港的附着生物量都不大, 没有突出的优势种。但从表 5 中仍然还可以表明: 盘管虫 *Hydroides* sp., 螺旋虫 *Spirorbis* sp., 加州草苔虫 *Bugula californica* Robertson, 褐草苔虫 *Bugula neritina* (Linnè), 裸囊海鞘 *Cnemidocarpa* sp., 牡蛎 *Ostrea* spp., 独角裂孔苔虫 *Schizoporella unicornis* (Johntson), 卵形裂口苔虫 *Schizomavella ovoidea* Canu & Bassler, 米氏小叶鞘 *Leptoclinum mitsukurii* (OKA) 和浒苔 *Enteromorpha* spp. 较为重要, 各主要种类的附着季节见图 20。

1. 盘管虫 *Hydroides* sp. 是一种具有石灰质管的管栖多毛类, 为榆林港多毛类中最的一种, 在一年中每个月份都能繁殖附着, 以 3—8 月特别是 7—8 月附着最多, 9—2 月份附着量较少。附着高峰第一、二年出现于 7 月, 附着量分别为 78.0 和 108 克/米²。第三年出现于 4 月份附着量为 17.7 克/米²。其水层分布, 以下层最多, 中层其次, 表层最少。幼虫附着后经过一个月的生长, 管长能达 17 毫米。盘管虫的一个生态特点与片状苔藓虫一样, 对于淤泥的沉积有一定的抵抗力。只要它们附着上, 则少量淤泥在附着基上的沉积对它们影响不大, 因为它们石灰质管口可以朝上生长, 如同池塘中莲花伸出于污泥一样。但是淤泥沉积的速度太快, 超过它能向上生长的速度, 则仍然要使其遭到死亡。

2. 螺旋虫 *Spirorbis* sp. 在榆林港也是常年附着的种类, 附着量一般都不大。虽是个体小, 但附着数目还是很多的。附着高峰第一年出现于 3 月份, 附着量为 23.3 克/米²。第二年出现于 11 月, 附着量为 18.6 克/米²。第三年各个月份附着都很少, 最多月份是 4 月, 附着量为 0.7 克/米²。螺旋虫的水层分布与盘管虫相反, 大量的个体附着于表层试板, 中层次之, 下层最少。

3. 加州草苔虫 *Bugula californica* Robertson 是榆林港附着生物种类中数量较多的一种, 常年都可以附着, 附着量比褐草苔虫大, 7—8 月份最多, 附着量为 27.8 克/米² 和 24.5 克/米²。加州草苔虫的水层分布以表层最多, 中层次之, 下层最少。三个水层附着总量的比数为 110:6:1。

4. 褐草苔虫 *Bugula neritina* (Linnè) 与加州草苔虫一样, 也是一种直立分枝的草苔虫, 但颜色为褐色颇易区别。每个月份都能附着, 附着量不大。附着高峰第一年出现于 2 月, 附着量 10.5 克/米²。第二年出现于 12 月, 附着量为 30.2 克/米²。第三年出现于 7 月附着量为 1.3 克/米²。全年中 3—6 月份附着较少。褐草苔虫的水层分布以中层最多, 表层和下层没有显著的差异。幼虫附着后经过一个月的生长, 群体的高度可达 34 毫米 (1960 年 8 月份)。

5. 卵形裂口苔虫 *Schizomavella ovoidea* Canu & Bassler 是一种片状的苔藓虫。在榆林港为常年附着型, 全年各月份都能附着。附着高峰第一年出现于 10 月, 附着量为 3.5 克/米²。第二年出现于 3 月, 附着量 2.1 克/米²。第三年出现于 10 月, 附着量为 1.8 克/米²。其水层分布以下层最多, 中层次之, 表层最少。

6. 独角裂孔苔虫 *Schizoporella unicornis* (Johntson) 也是一种片状苔藓虫。附着习性与卵形裂口苔虫很相近, 在榆林港亦为全年附着型。第二年附着高峰出现于 11 月, 附着量 9.2 克/米²。水层分布以下层最多, 表层次之, 中层最少。

7. 悉尼海鞘 *Ascidia sydneyensis* Stimpson 是一种个体很大, 扁平的胶质海

鞘。一年中以水温較低季节繁殖附着,在月板上附着出現的机会不多。但因个体大、附着量相当大,由于它的附着,可使总的附着量急驟上升,第一年3月份附着高峯就是它的附着形成的。其水层分布以下层最多,中层次之,表层最少。

8. 米氏小叶鞘 *Leptoclinum mitsukurii* (OKA) 是一种胶质羣体海鞘。水温較低的2、3、5月沒有附着。全年中以10月和11月附着量較大,最大附着量为3.6克/米²。其水层分布以下层最多,表、中层相近,量均較小。

9. 裸囊海鞘 *Cnemidocarpa* sp. 为扁平革质单体海鞘,以身体后端固着于附着基上。在三年的調查中除2、7两个月沒有附着外,其他月份都有个体附着。其繁殖附着期一年中有二次:3—5月和8—11月,繁殖附着盛期为5月,附着量3.9克/米²。其水层分布是中、下层較多,表层最少。

10. 藤壶 *Balanus* sp. 在榆林港附着量很小,不属于优势种类,附着期局限于6—12月,从附着的情况看,在这6个月中,并非一直連續而是具有断續的間歇期。全年中附着高峯第一年出現于12月,附着量为5.5克/米²,第二年出現于7月,附着量5.0克/米²,第三年附着量各月都很少。其水层分布,第一年下层多,第二年中层多,第三年表层多。

11. 牡蠣 *Ostrea* spp. 榆林港的牡蠣种类較多,有緣齿牡蠣 *O. crenulifera* So-werby, 叶片牡蠣 *O. folium* Linnè, 褶牡蠣 *O. plicatula* Gmelin 和咬齿牡蠣 *O. mordax* Gould 等,以前二种牡蠣的量最多。成体較易鉴定,幼体則很难一一加以区别。三年的調查資料,除3月份的試板沒有牡蠣附着外,其他月份都有,8月份为附着高峯,附着量8.3克/米²。牡蠣附着量不大,但具有石灰质貝壳,用左壳牢固地附着在附着基上,生长快、对海上水工建筑物有相当大的影响。其水层分布以下层最多,中层次之,表层最少。

12. 克氏殖口螽 *Gonothyrea claki* (Maktanner-Turnere) 是一种直立分枝的羣体,附着期7—2月,附着高峯出現于9月份,附着量0.2克/米²。其水层分布以中层最多,表层和下层相近。

13. 蕞枝螽 *Obelia* sp. 附着期从3月开始,断断續續一直延續到11月份,以3—4月附着量最大。其水层分布是表、中层較多,下层最少。

14. 澚苔 *Enteromorpha* spp. 在榆林港試板上附着的澚苔有二种: 条澚苔 *E. clathrata* (Roth) Grev. emend. Bliding 藻体綠色,中空管状多分枝,常年附着,附着高峯在3月和12月,附着量分別为0.5和0.3克/米²。另一种为外形条状的管澚苔 *E. tubulosa* Kütz 仅在8月份的試板上附着出現。

15. 刚毛藻 *Cladophora* spp. 在榆林港試板上附着的刚毛藻也有二种: 一为藻体分枝,肉眼可見到外形上的分隔痕迹。常年附着,附着高峯出現于10月,附着量1.7克/米²。另一种刚毛藻外形与前一种相似,唯較纤细,附着出現的月份是4—6月和10—12月,附着最多的月份是12月,附着量7.0克/米²。

16. 水云 *Ectocarpus* sp. 藻体褐色,柔軟多分枝。在月板上2、8、10三个月有附着,2月份附着最多,附着量为10.9克/米²,8月附着最少,附着量为0.2克/米²。

三、中国主要海港附着生物的水层分布

从大范围來說,我們的实验試板設置的深度都属于表层或海洋的上层水域。这里所

指的水层分布仅是从水面到水深 4 米之间的三个不同水层的试板上附着生物形成的差异而言。各实验港三个水层附着生物总量的比数列于表 6。

表 6 中国主要海港海洋附着生物的水层分布
Table 6. Distribution of fouling organisms at different levels in some important Chinese ports.

海 港 Port	三个不同水层附着总量(克/米 ²)的比数 ¹⁾		
	月板附着动物 ²⁾	年板附着动物 ³⁾	月板附着海藻 ⁴⁾
	表层 ⁵⁾ 中层 ⁶⁾ 下层 ⁷⁾	表层 ⁵⁾ 中层 ⁶⁾ 下层 ⁷⁾	表层 ⁵⁾ 中层 ⁶⁾ 下层 ⁷⁾
秦皇岛港 Chinwangtao	3.5 : 4 : 1	3.4 : 3.5 : 1	
大连港 Dairen	1 : 2 : 1.5	1.3 : 2.7 : 1	1.5 : 1 : 0
青岛港 Tsingtao	2.5 : 3.5 : 1	1.5 : 7.5 : 1	58 : 11 : 1
石浦港 Shihpu	1 : 1.7 : 2.5	1.4 : 2.5 : 1	34 : 0 : 1
榆林港 Yulin	1 : 4 : 4	1 : 3 : 5	22 : 2 : 1

1) Ratio of weight (g/m²) of fouling organisms at three different water levels;

2) Fouling animals attached on the monthly panel;

3) Fouling animals attached on the annual panel;

4) Fouling algae attached on the monthly panel;

5) Upper level;

6) Middle level;

7) Lower level.

从表 6 的资料可以看到下列几个明显的现象:

1. 附着动物和附着海藻水层分布不同。附着动物在月板和年板上,其总量比数一般都是中层最大,表层和下层较少。海藻在月板上附着总量比数,则是表层居绝对优势,中层次之,下层最小。这种现象与生物体或幼虫的生理特性——对光的不同反应相关。海藻进行光合作用需要阳光,因此有更多的海藻孢子附着于表层,形成表层附着量比中、下层大的情况。附着动物的幼虫对光的反应虽然随种类有所不同,但一般都是背光性的或趋光反应小的种类:例如布纹藤壶的幼虫,虽早期有强烈的向光性^[6],但到附着时它的幼虫在三个不同水层的试板上附着的数量,表、中层已经相近,下层较少说明了它的趋光反应程度已有所减弱。克氏藤壶与布纹藤壶相反,为背光性的,中、下层的附着量远比表层附着量大。苔藓虫的幼虫在孵化时是向光性的而在附着前则是背光性的^[34]。贻贝、玻璃海鞘、柄海鞘等根据我们的观察也都是背光性的。所以附着动物形成中、下层的附着总量大于表层。特别是中层是动物附着最适宜的水层。

2. 南北海港附着生物水层分布的趋势不同。自秦皇岛到榆林港从北到南,海洋附着生物水层分布的趋势,除大连港水面机油特别多不利生物附着的特殊情况外,一般北方海港是中、表层附着量大,而南方海港则偏于中、下层附着量大。产生这种水层分布趋势的偏向,可能与南方海港夏季表层水温过高有关。其次是海港的深度,若海港水浅,底质泥沙常由风浪的搅拌,使淤泥悬浮于海水中,越靠近海底海水就越混浊,不利于附着生物附着生长,例如石浦、榆林两港月板下层附着量大,是由于石浦港深度较大而榆林港虽深度不很大,但海水澄清,透明度大,减轻了淤泥的影响。

3. 下层年板的附着量除榆林港外一般都较小,产生这种现象的原因主要是木质试板在海水中浸放的时间长,严重遭受船蛆、蛀木水虱钻蚀生长的破坏,特别是象大连、青岛、

石浦等海港試板表面有藤壺、貽貝、柄海鞘等大型附着生物附着，負荷大，使板面剝落所致。榆林港板面附着生物重量小，負荷小，剝落現象較輕，因此下层年板仍然保存着較大的附着量。

上述这些現象表明附着生物的水层分布与生物体或幼虫的生理特性和各港的自然环境的特点及水文因素都有关系。

四、中国主要海港附着生物的逐年变化

通过在一个海港連續几年重复性的海港試板实验所获得的大量資料証明：海洋附着生物年与年之間存在着一定的变化。海洋附着生物的逐年变化主要表现在附着生物羣落中各类动物的百分組成，附着种类的增減、附着量大小的变动規律，附着高峯出現的时间 and 形成附着高峯的种类等。我国各主要海港附着生物的逐年变化，各港情况不一致：大連港羣落中各类动物的百分組成有一定的变化，第二年貽貝少，藤壺的量相对增大。附着种类在三年中沒有显著的增減。总附着量第二年較小但附着量的变动三年很有規律，附着高峯出現于7—8月。形成附着高峯的种类为藤壺。青島、石浦两港羣落中各类动物的百分組成几年都相当一致，青島港以海鞘类最多，甲壳类次之。石浦港以甲壳类最多，腔腸动物次之。附着种类各年也沒有显著的变化。附着量的变动頗为規則，附着高峯总是出現于水温較高的几个月，形成附着高峯的种类都是藤壺。榆林港附着生物羣落中各类动物的百分組成还是比较一致的。附着种类三年有較大的不同。附着量的变动不規律。附着高峯出現的时间和形成附着高峯的种类：第一年为3、7、10月，形成附着高峯的种类为悉尼海鞘，盘管虫，龙介虫。第二年为8、11月，形成附着高峯的种类为螺旋虫，独角裂孔苔虫，海綿和褐草苔虫。第三年为5、8月，形成附着高峯的种类为矾海綿和加州草苔虫。总之大連、青島、石浦諸港附着生物逐年变化較簡單，附着种类和全年附着高峯出現的月份，形成附着高峯的种类等都比較恆定，惟附着量逐年有一定的变动。榆林港的逐年变化則十分复杂，不仅附着量和附着高峯的出現时间有剧烈的变化，而且附着种类各年也有很大的差异，形成附着高峯的种类也三年迥异。根据上述資料看来，热带海区的海港比温带海区的海港附着生物逐年变化复杂，因此要比較彻底地了解一个海港附着生物的情况，在热带海区的海港应比温带和寒带海区的海港多連續进行几年的調查研究工作。

各港海洋附着生物逐年变化的内容和程度，以及同一年各个海港附着量变动的趋势也不一致的事实說明，导致发生逐年变化的因素是十分复杂的。应该是与該港的自然环境，水文因素和分布于这一海港的附着种类及其生态特性分不开的。考虑海港的自然环境和水文因素时，首先必需注意到海港的特点：1. 海港都是紧靠大陆边缘，受大陆和各港陆域的影响很大。2. 大多数海港皆有突堤和防波堤等外围防护結構所包围的半封閉型的小水域，使港內外的海水难以得到充分的交換，海港陆域排水少量的物質在这种小水域中就能发生巨大作用，影响到生物的附着、生长和繁殖。因此，諸如港內海水的温度、盐度、物理、化学性質、海水污浊等，都受着这两个特点的制約和增加了它們的复杂性。例如大連港第2年沿岸地区海水表面浮滿了一层黑色剧臭的机油，大大的影响生物在試板上附着，总附着量显著下降，約为第一年的1/10。在考虑生物方面的原因时，对在这个海港

中附着生物种类的多少? 以哪些种类为羣落的优势种? 这些优势种类在这个海港中是属于哪种附着类型都有关系。例如大連、青島等港附着生物种类較少, 优势种特別突出, 附着量大, 要有很大的环境因素的改变才能发生影响, 所以这些海港附着生物逐年的变化較为簡單, 而榆林港的附着生物种类多达 120 种, 优势种类不明显, 常年附着型的种类多, 总附着量小等, 形成了榆林港附着生物逐年变化的复杂性。

五、中国沿岸附着生物的附着特性和附着季节的变化

附着生物最重要的生态特点之一, 是要有供它附着的附着基。根据調查所得的資料表明: 不同种的生物对附着基的要求不完全相同。有的种类有較严格的要求, 如青島港的柄海鞘不适于在每月新投放的、在海水中浸置時間短、表面干淨的月板上附着, 而适于在海水中放置較长期的, 先有其他生物附着的年板上附着。藤壶、牡蠣、苔蘚虫、盘管虫、貽貝等則沒有这种局限性, 它們的幼虫在各种附着基上都能附着, 但在不同类型和不同性質的附着基上附着的多少, 有所不同, 仍然存在着一些微小的差异。例如青島中港 1959—1961 年 3 年中的 6 月份, 藤壶在两种浸放不同時間的試板上附着的数目不同 (見表 7)。

表 7 在新投放和已在海中浸放二個月的兩種試板上藤壶附着的数目 (个/米²)

Table 7. Number of Barnacle attached on the newly exposed panel and exposed for two months panel.

試板性質 ¹⁾	新投放的試板 ³⁾			已在海中浸放二个月的試板 ⁴⁾		
	表 层 ⁵⁾	中 层 ⁶⁾	下 层 ⁷⁾	表 层 ⁵⁾	中 层 ⁶⁾	下 层 ⁷⁾
試板投放水层 ²⁾						
1959 年 6 月份	102	220	703	55	247	212
1960 年 6 月份	141	339	356	1	6	36
1961 年 6 月份	9	34	127	1	16	22

1) Character of panel;

2) Water level of panel exposed;

3) Newly exposed panel;

4) Panel exposed for two months;

5) 6) 7) The key as shown as Table 6.

从表 7 可以看出: 新投放的試板比在海水中已經浸放两个月的試板上附着的个体数更多, 这个事实表明干淨的試板比陈旧的試板更适合其附着。加州草苔虫也有相同的性質, 在干淨的試板上比已在海水中浸放 2—3 个月以后的試板附着量大。貽貝、史氏菊海鞘, 赤菊海鞘和海葵等与前两种相反, 在有藤壶附着的試板上比干淨的試板附着的数量多。褶牡蠣在花崗岩石質的附着基上比木質的試板上附着的密度大。盘管虫在鋼板上比木質的試板上附着的数目多。各种动物有自己的特性, 这种对附着基要求的微小差异性为人工干預生物的附着提供了可能性, 人們可以按照不同的目的, 在养殖上創造更有利于它們附着的高产措施。在附着生物防除上采用更有效地避免它們附着的办法。

关于海洋附着生物附着季节的变化, Redfield & Decvy^[31] 已經總結了大量資料并把它归納为下列 4 个类型:

1. 无季节变化的常年附着型——常年附着、无明显的季节变化;
2. 常年附着型——常年附着、在一年中有一个附着高峯时期;

3. 单期附着型——在全年中附着期局限于一段时间；
4. 双期附着型——在全年中有二个分离的附着期。

海洋附着生物附着季节变化类型的划分,不是孤立地单从种类来进行,还需结合各种的分布地点来确定。一种生物,特别是广分布的种类,在它分布区的不同地点附着季节变化类型可以有所不同;在这个地点属于这个类型,在另一个地点就可能属于另一个类型,因此必需以具体的分布地点作为划分的条件。

上述各主要海港的调查资料表明,我国沿岸附着生物附着季节变化有以下几个特点:

1. 大连港的曲膝藪枝螅 *Obelia geniculata* (Linnè), 大连港、青岛港和石浦港的海筒螅等腔肠动物附着期的季节变化属于双期附着型。各港的藤壶属于单期附着型。榆林港的盘管虫和螺旋虫属于常年附着型。中国沿岸只有上述三种附着类型,其中以单期附着型的种类最多,没有发现无季节变化的常年附着型。
2. 榆林港常年附着类型的种类多,其他海港均以单期附着型的种类占优势。
3. 大多数分布于我国沿岸的种类,如加州草苔虫,独角裂孔苔虫等在北方海港附着期短,属于单期附着型,在热带的榆林港附着期遍及全年,属于常年附着型。附着期季节变化的动向是由北到南逐渐增长。

六、中国沿岸各主要海港附着量的变动规律

中国沿岸各主要海港每月的附着量列于表 8。以石浦港的附着量最大,全年总附着量为 3,126.7 克。青岛港第二,全年总附着量 2,777.3 克。大连港第三,全年总附着量 2,211.8 克。榆林港第四,全年总附着量 368.5 克。秦皇岛最小,全年总附着量 38.2 克。这

表 8. 中国主要海港海洋附着生物每月平均附着量(克/米²)
Table 8 Monthly average weight of fouling organisms of some important Chinese ports.

海 港 Port	海洋附着生物附着量 ¹⁾												全年 ²⁾ 总附着 量(克)	温度年变化 ⁴⁾ 和 年温差	
	月平均附着量(克/米 ²) ³⁾														
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2			
秦 皇 岛 港 Chinwangtao		0.2	0.8	3.7	13.5	15.3	4.2	0.5						38.2	-1.5—26.5°C 28.0°C
大 连 港 Dairen	0.1	0.5	118.6	171.7	281.7	1468.2	107.3	61.0	2.2	0.3	<0.1	<0.1	2211.8	-0.8—25.1°C 25.9°C	
青 岛 港 Tsingtao	9.1	19.4	24.9	340.9	578.9	952.4	404.2	436.6	2.7	0.5	2.4	5.3	2777.3	2.9—27.4°C 24.5°C	
石 浦 港 Shihpu	4.2	32.2	5.0	671.5	1947.2	213.5	116.9	76.1	9.4	0.4	0.1	0.2	3126.7	10.9—29.3°C 18.4°C	
榆 林 港 Yülin	42.6	15.9	69.3	34.0	54.6	51.3	12.8	31.3	20.7	20.9	7.3	7.8	368.5	21.0—33.0°C 12.0°C	

1) Weight of fouling organisms;

2) Monthly average weight of fouling organisms (g/m²);

3) Annual total weight (g) of fouling organisms;

4) Arrangement of sea water temperature.

些海港的总附着量都比廈門港^[9]小。各港附着量的变动情况如下:

1. 季附着量的变动情况 秦皇島、大連、青島、石浦一年四季都有剧烈的变化,均以夏季的附着量最大,依次为秋季和春季,冬季最小。榆林港則不同,一年四季沒有显著的变化,与其他海港相比,其夏季附着量相对地减少而冬季增加,四季差别不大。但根据所得的資料仍然可以看到夏季的附着量稍稍大些。因此我国沿岸各主要海港附着生物季附着量的变化規律,一律是以夏季附着量最大,依次为秋季和春季,冬季最小。

2. 月附着量的变动 月附着量的变动情况可以分为二种类型:

第一种类型是各月附着量不均匀,一年中有較固定的附着高峯和形成附着高峯的种类。全年可以分为二段时期:一为附着盛期,是一年中水温較高的几个月,其附着量占全年总附着量的 90% 以上;附着最多的一个月,月附着量約为全年附着总量的三分之一,这一时期是海上水工建筑物受害严重的季节。一为附着淡期,是一年中水温較低的几个月,如秦皇島港为 10—5 月的一段时间,在寒冷的冬季,沿岸有长达 2 个月之久的冰冻期,基本上沒有生物或很少有生物附着。大連、青島、石浦等港自 11 月到翌年的 5 月,在这段时间內沒有具石灰质貝壳的动物附着,仅有少量腔腸动物,麦杆虫,端足类,海藻等生物附着,是海上水工建筑物受害較輕的季节。盛、淡两期的划分界綫,基本上可以以藤壶的附着期为依据,有藤壶附着的期間为附着盛期,沒有藤壶附着的期間为附着淡期。在秦皇島藤壶很少的情况下可以用肋苔虫的附着期为依据。

第二种类型是各月附着量小而較均匀,一年中附着高峯出現的时间 and 形成附着高峯的种类不固定。附着量的变动高低起伏,形成波浪式。在全年中不能如第一种类型那样划分为附着盛期和淡期。我国榆林港則属于这一类型,海上水工建筑物受害情况整年相似。

根据以上这两个类型附着量变动的規律,对附着生物的防除措施可以作不同的安排,属于第一种类型的海港,可以选择合适的时机进行船底附着生物的刮除,浮标以及海上水工建筑物的保养維修。附着量变动属于第 2 种类型的海港,各月附着情况相似,就无选择的必要了。

影响总附着量的大小和各月附着量变动的因素很复杂,它是各种因素綜合作用的結果,很难逐一加以闡述。但一般說来影响总附着量的大小,主要是取决于附着生物的种类。例如秦皇島港和榆林港沒有藤壶或很少有藤壶附着,其附着量和那些以藤壶、柄海鞘、貽貝居于优势的海港相比就显得特別小。影响各月附着量变动的因素(指同一海港不同月份附着量大小的問題),最主要的是水温和附着生物繁殖、附着的生理生态特性。其他的因素如海水的盐度、透明度也都有影响,但是前面曾提到海港通常是在大陆边緣而且具有小水域的特点,各种因素变化較大,附着生物一般是广盐性的种类,对盐度变动的抵抗力較強,盐度对它們的影响較小。温度对于附着量变动的影响,是通过附着生物的繁殖起作用的,每种海洋生物的繁殖都要求一定的水温范围,例如貽貝的繁殖适温是 8—16°C^[11],布紋藤壶的繁殖适温根据我們試板的資料是 13—26°C,褶牡蠣¹⁾产卵季节开始的水温是 17—18°C 之間^[8],不同的海洋生物有不同的繁殖适温,能否繁殖附着就水温因子

1) 过去定为僧帽牡蠣 *Ostrea cucullata* Born.

來說,依賴于該地当时有否它所需要的条件。因此,温度直接控制着生物的繁殖附着,是影响附着量变动的重要因素之一。

从表 8 可以看到在我国沿岸海水水温年温差从北到南逐渐的变小。年温差大表明相对高温的时间較短,年温差小,即相对高温的时间长。高附着量的月份随着温差的变小而伸长:秦皇島港附着量高的月份是 6—9 月,大連港、青島港是 5—10 月,石浦港是 4—10 月,廈門港^[9]和榆林港几乎遍及全年。这种現象充分的反映和証明了温度对海洋附着生物附着量变动影响的事实。

七、結 語

綜上所述,我国沿岸各主要海港海洋附着生物有各港的特点,茲归納如下:

秦皇島港 海洋附着生物种类貧乏,沒有藤壶附着,海藻种类少。羣落的优势种为西方三胞苔虫,独角裂孔苔虫和密鳞牡蠣。附着量小,变化大,属于附着量变动的第一种类型。各种动物附着期集中于全年水温較高的 6—9 月份,全年中有一段水温低季节,沿岸冰冻,水温处于零下,沒有生物附着。該港附着生物附着季节的变化,都为单期附着型和双期附着型。动物的水层分布以中层最多,表层与中层相近,下层最少。

大連港 海洋附着动物和海藻种类都較为丰富。在种类組成中有暖温带和寒温带性种类的成份,属于前者的有布紋藤壶等,属于后者的有貽貝、白藤壶和柄海鞘,而且以布紋藤壶和貽貝为羣落的优势种。附着量大,变化剧烈,属于附着量变动的第一种类型。該港附着生物附着季节的变化除单期附着型外,还有少数双期附着型的种类。附着期一般較秦皇島长。全年中每月都有生物附着出現。动物的水层分布以中层最多,下层次之,表层最少。

青島港 海洋附着动物和海藻种类复杂。种类組成中也包含有暖温带和寒温带的种类。貽貝較大連港少,而以另一种寒温带的种类——柄海鞘和暖温带的种类——布紋藤壶組成羣落的优势种。附着量大于秦皇島和大連两港,附着量变动情况亦属于第一种类型。該港附着生物附着季节的变化,有单期附着型和双期附着型而以前者为主。动物的水层分布以中层最多,表层和中层相近,下层最少。青島港海洋附着生物的特点与大連港非常相似。

石浦港 海洋附着动物种类多,海藻种类少,組成羣落的种类性質較为簡單,沒有寒温带的种类参与。羣落的优势种为克氏藤壶、海葵和海筒蟪。附着量是本文所提及的各实验港中最大的一个海港。优势种所占的附着量很突出,高度集中。附着量的变化情况属于第一种类型。該港附着生物附着季节的变化仍以单期附着型为主,有的种类如海葵附着期之长,已将近成为常年附着型。动物的水层分布以下层最多,中层次之,表层最少。附着生物的特点与廈門港^[9]比較相近。

榆林港 海洋附着生物种类繁多为各港之冠,均为暖温带和热带性种类。羣落的优势种不明显。藤壶的量很少。榆林港附着量小而較均匀,附着量变动高低起伏形成波浪式,属于附着量变动情况的第二种类型。各个种的附着期长,該港以常年附着型为主,其次为单期附着型。动物的水层分布以中、下层最多,表层最少。

参 考 文 献

- [1] 大连工学院, 1958. 港及港口建筑物. 水利系水道及港口教研室編高等教育出版社, 1—487 頁。
- [2] 全国科学技术委员会机械工业組金属腐蝕及防护协调分組, 1960. 十年来中国金属腐蝕及防护专业概况. 机械工业出版社, 57—61 頁。
- [3] 郑 重、李 松、林庆礼, 1953. 廈門固着生物生态的初步研究. 动物学报 5(1): 47—57。
- [4] 李洁民、黄修明、董美龄、张云美、黎国珍. 石浦港海洋附着生物的研究(未刊稿)。
- [5] 李洁民、黄修明、黎国珍、林如杰. 榆林港海洋附着生物調查报告(未刊稿)。
- [6] 吴尚勳、蔡难儿, 1963. 布紋藤壺 *Balanus amphitrite communis* Darwin 生活史的研究. 海洋科学集刊 4: 104—119。
- [7] 姜康后、刘 健, 1958. 貽貝堵塞管道的防除研究. 海洋与湖沼 1(3): 316—324。
- [8] 张 璽、樓子康, 1957. 僧帽牡蠣的繁殖和生长的研究. 海洋与湖沼 1(1): 123—140。
- [9] 黄宗国、蔡如星, 1961. 廈門港附着生物生态的研究. 廈門大学学报 8(3): 220—250。
- [10] 黄宗国、蔡如星, 1962. 榆林港的附着生物及其与廈門港的比較. 廈門大学学报 9(3): 176—188。
- [11] 蔡难儿, 1963. 貽貝 *Mytilus edulis* Linné 生活史的研究. 海洋科学集刊 4: 81—94。
- [12] 戴 笠, 1936 a. 船底动物之附着生活与金属物质关系的研究. 北平研究院中文报告汇刊 2(7): 143—154。
- [13] 戴 笠, 1936 b. 船底生物之附着問題. 北平研究院中文报告汇刊 3(6): 311—315。
- [14] Арбузова, К. С., 1963. Обрастание в юго-восточной части Балтийского моря (предварительное сообщение) *Тр. Инст. Океанол.* 70:41—51.
- [15] Зевина, Г. Б., 1961. Обрастание гидротехнических сооружений на Каспийском море. *Тр. Инст. океанол.* 49:65—69.
- [16] Зевина, Г. Б., 1962. Каспийские обрастания и их изменения за последние десять лет (с 1951 по 1961 г.) *Океанология* 4:715—726.
- [17] Зевина, Г. Б., И. А. Кузнецова и И. В. Старостин, 1963. Состав обрастания в Каспийском море. *Тр. Инст. океанол.* 70:3—25.
- [18] Зевина, Г. Б., 1963. Обрастание на Болом море. *Тр. Инст. океанол.* 70:52—71.
- [19] Тарасов, Н. И., 1961. Обрастание в советских водах японского моря. *Тр. Инст. океанол.* 49:3—59.
- [20] Coe, W. R., 1932. Season of attachment and rate growth of sedentary marine organisms at the pier of the Scripps Institution of Oceanography. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 3(3):37—86.
- [21] Coe, W. R. and W. E. Allen, 1937. Growth of sedentary marine organisms on experimental blocks and plates for nine successive years at the pier of the Scripps Institution of Oceanography. *ibid.* 4(4): 101—136.
- [22] Fuller, J. L., 1946. Season of attachment and growth of sedentary marine organisms at Lamoine. *Ecol.* 27:150—158.
- [23] Graham, H. W. and H. Gray, 1945. Season of attachment and growth of sedentary marine organisms at Oakland, California. *Ecol.* 26(4):375—386.
- [24] Kawahara, T., 1961. Regional differences in the composition of fouling communities in Ago Bay. *Rep. Facul. Fish. Pref. Univ. Mie* 4(1):65—80.
- [25] Nair, N. B., 1962. Ecology of marine fouling and wood-boring organisms of western Norway. *Sarsia* 8:1—88.
- [26] Richards, B. R. and W. F. Clapp, 1944. Preliminary report on the fouling characteristics of Ponce de Leon tidal inlet, Daytona beach, Florida. *Jour. Mar. Res.* 5:189—195.
- [27] Scheer, B. T., 1945. The development of marine fouling communities. *Biol. Bull. Woods Hole* 89(1): 103—121.
- [28] Skerman, T. M., 1958b. Marine fouling at the port of Lyttelton. *N. Z. Jour. Sci.* 1(2):224—257.
- [29] Skerman, T. M., 1959. Marine fouling at the port of Auckland. *ibid.* 2(1):57—94.
- [30] Weiss, C. M., 1948. The seasonal occurrence of sedentary marine organisms in Biscayne Bay, Florida. *Ecol.* 29(2):153—172.
- [31] Woods Hole Oceanographic Institution (comp.), 1952. Marine fouling and its prevention. Prepared for Bureau of Ships, Navy Department, U. S. Navy Inst. Annapolis, Maryland, 388pp.

ECOLOGICAL STUDIES ON THE MARINE FOULING ORGANISMS AT SOME IMPORTANT PORTS OF CHINA

LI KIÉ-MIN, HUANG XIU-MING, LI GUO-ZHEN AND LIN RU-JIE

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

During the period from March 1959 to February 1963, an investigation of marine fouling organisms was conducted at some of the important ports of China—at Chinwangtao, Dairen, Tsingtao, Shihpu and Yülin for a period of one year, two years and three years respectively.

The marine fouling organisms were collected from three series of wooden test panels with an area of 100 cm² or 225 cm², exposed under the sea water at 3 levels—slightly beneath the water surface, at 2 m and at 4 m.

The first series consist of twelve panels, of which only one was exposed at the beginning of the month at a time and then taken out and changed to another each month. The second series consist of four panels, each exposed at intervals of three month. The third series consist also of twelve panels immersed simultaneously at the beginning and removed one at each time at intervals of one month. All removed panels were preserved in 5% formalin solution.

In the present report, the specific composition of the fouling community and the monthly relative abundance of the major fouling organisms were determined for each port. The quantity of the foulers settling on the panels at the three levels was also noted. Our results show that the panels at the middle level are most favorable for the attachment of fouling animals, whereas those at the upper level are more convenient for the attachment of algae. The variation in both quantity and quality of the fouling community from year to year is less pronounced in the northern ports than in the southern ports.

The annual total weight of fouling organisms of each of these five selected ports in decreasing order is as follows: Shihpu—3,126.7 g., Tsingtao—2,777.3 g., Dairen—2,211.8 g., Yülin—368.5 g. and Chinwangtao—38.2 g. According to the variation of the monthly total weight of fouling organisms, we may divide these ports into two types. In the first type, seasonal variation is quite marked and the month of occurrence of peak settlement and the constituent elements of the fouling community for the three years tested are more or less the same. Heaviest fouling occurs during warmer months. Chinwangtao, Dairen, Tsingtao and Shihpu belong to this type. In the second type, variation in monthly total weight of fouling organisms is not marked as compared with that of the first type, and the month of occurrence of peak settlement for the three years tested is quite different. The port of Yülin belongs to this type.

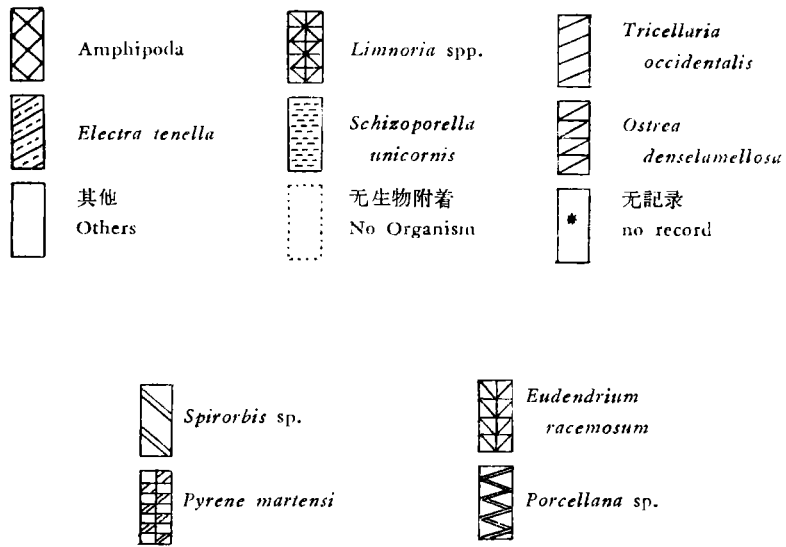
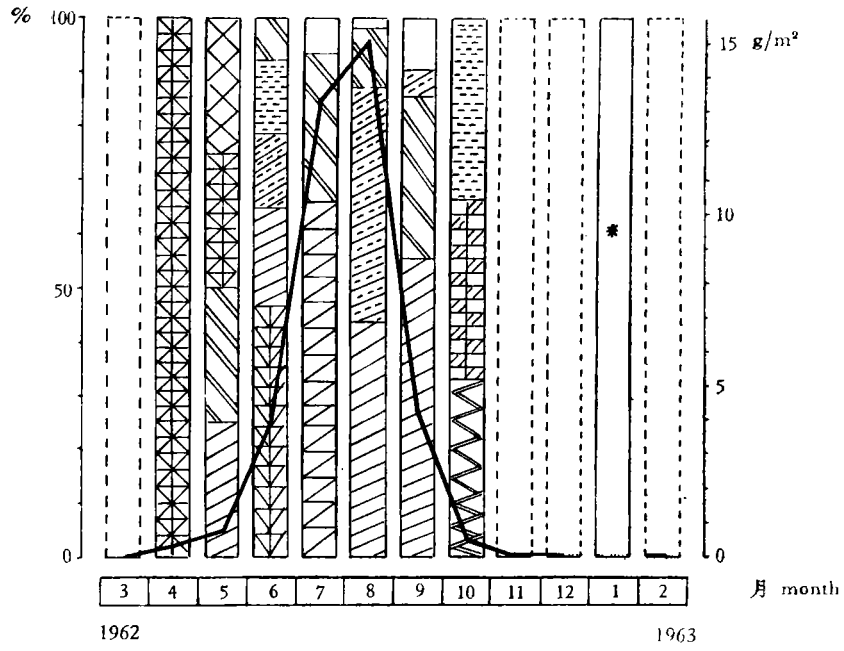


图1 秦皇岛港各月附着生物种类的百分組成及平均附着量

Fig. 1 Percentage and average weight of monthly fouling organisms at Chinwangtao

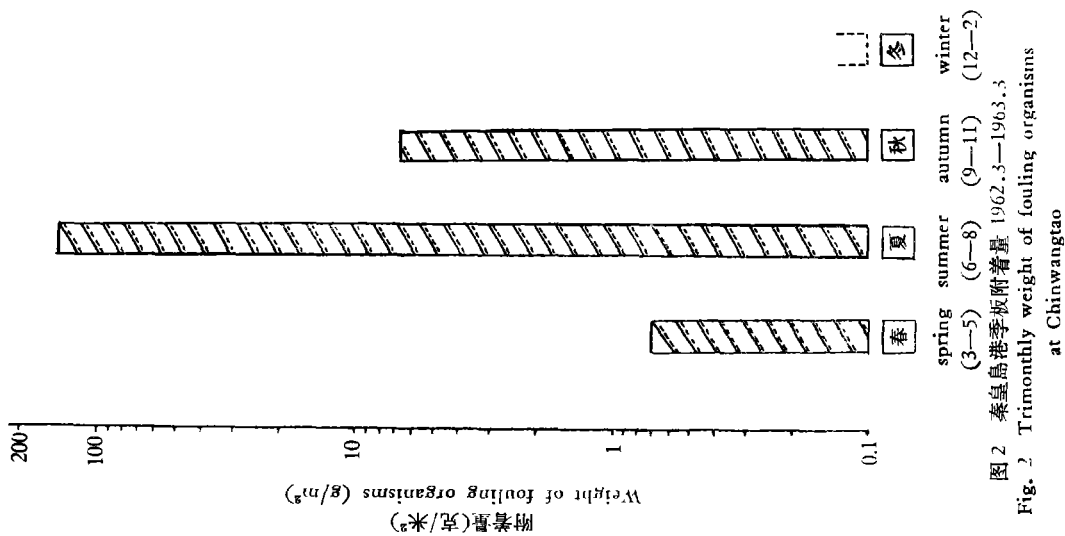


图 2 秦皇島港季板附着量 1962.3—1963.3
Fig. 2 Trimonthly weight of fouling organisms at Chinwangtao

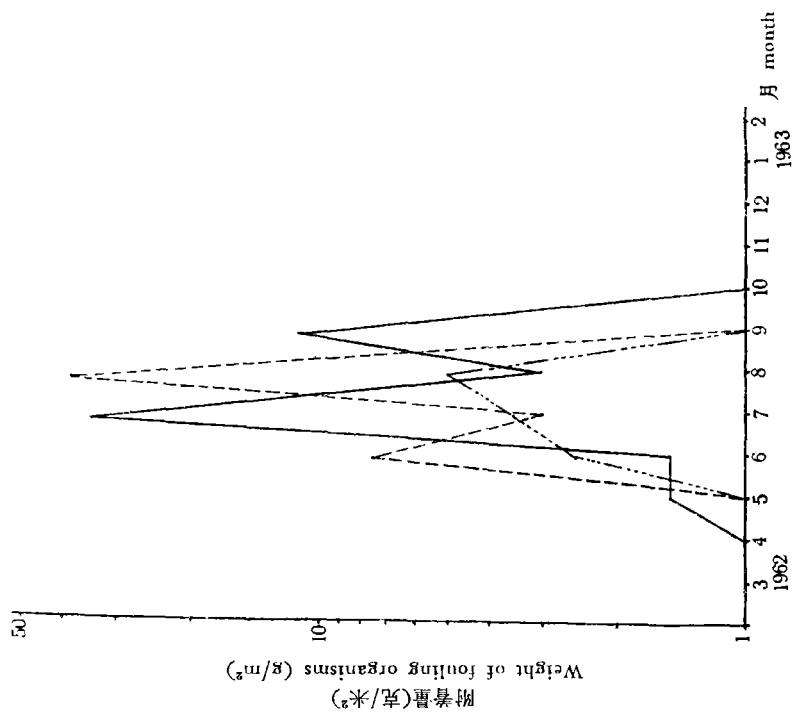


图 3 秦皇島三个水层附着生物量的季节变化
Fig. 3 Seasonal variation of weight of fouling organisms on the three different levels at Chinwangtao

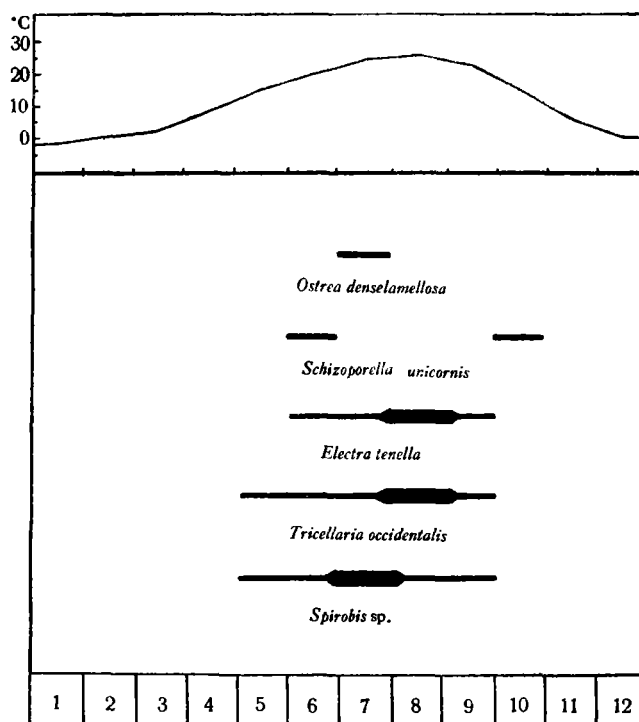


图4 秦皇島港主要附着生物的附着季节和平均水温曲线

Fig. 4 lower: Season of attachment of major fouling organisms at Chinwangtao; upper: Mean sea water temperature curve.

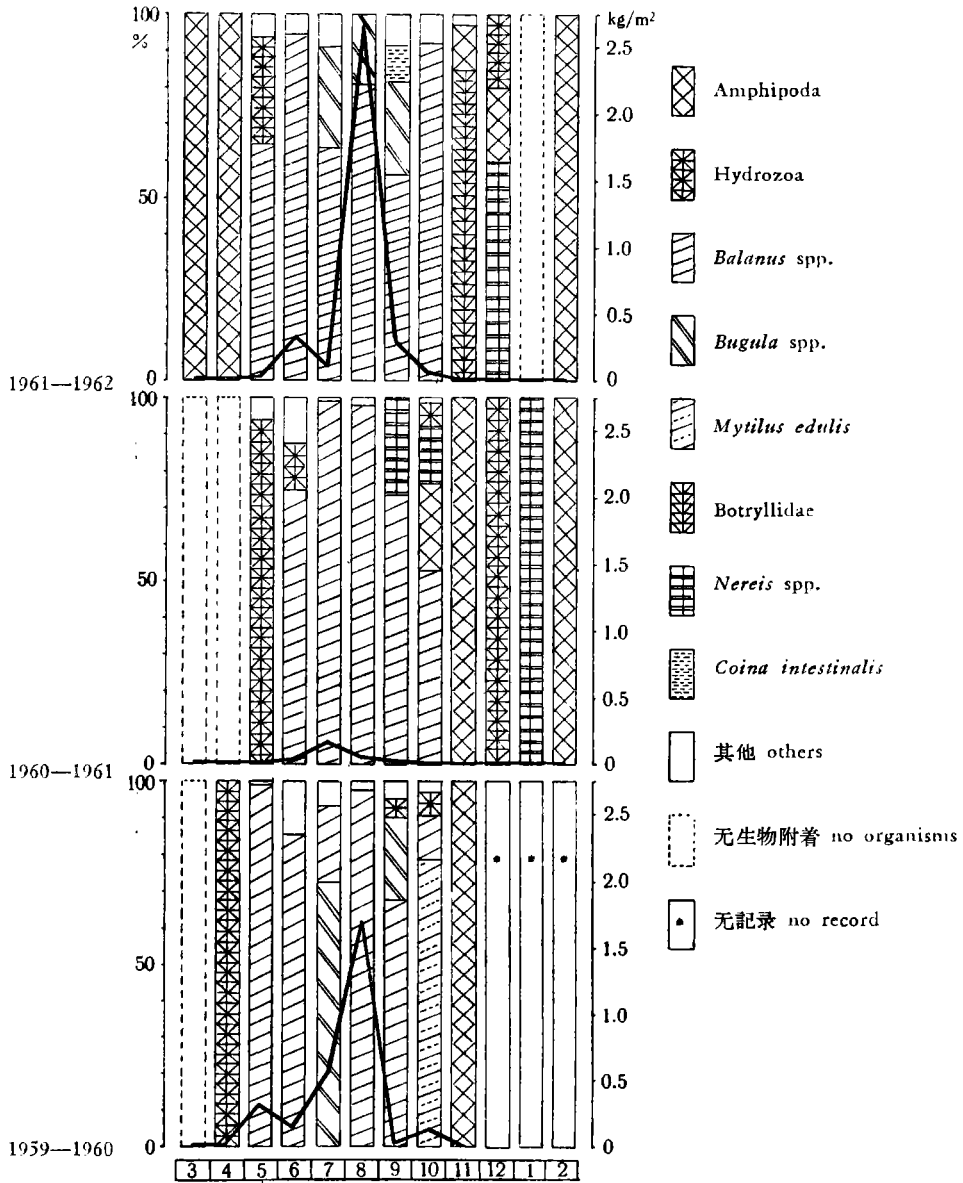
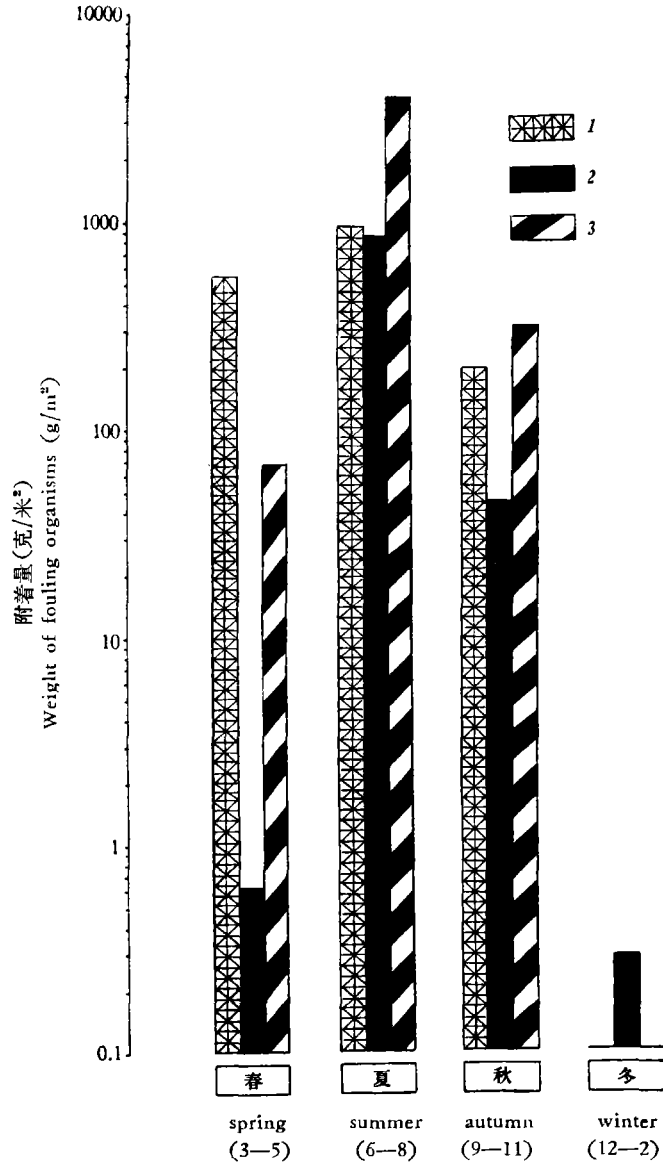


图 5 大連港各月附着生物种类百分組成及平均附着量
 Fig. 5 Percentage and average weight of monthly fouling organisms at Dairen



1. 1959.3—1960.3 2. 1960.3—1961.3 3. 1961.3—1962.3

图6 大連港季板附着量

Fig. 6 Trimonthly weight of fouling organisms at Dairen

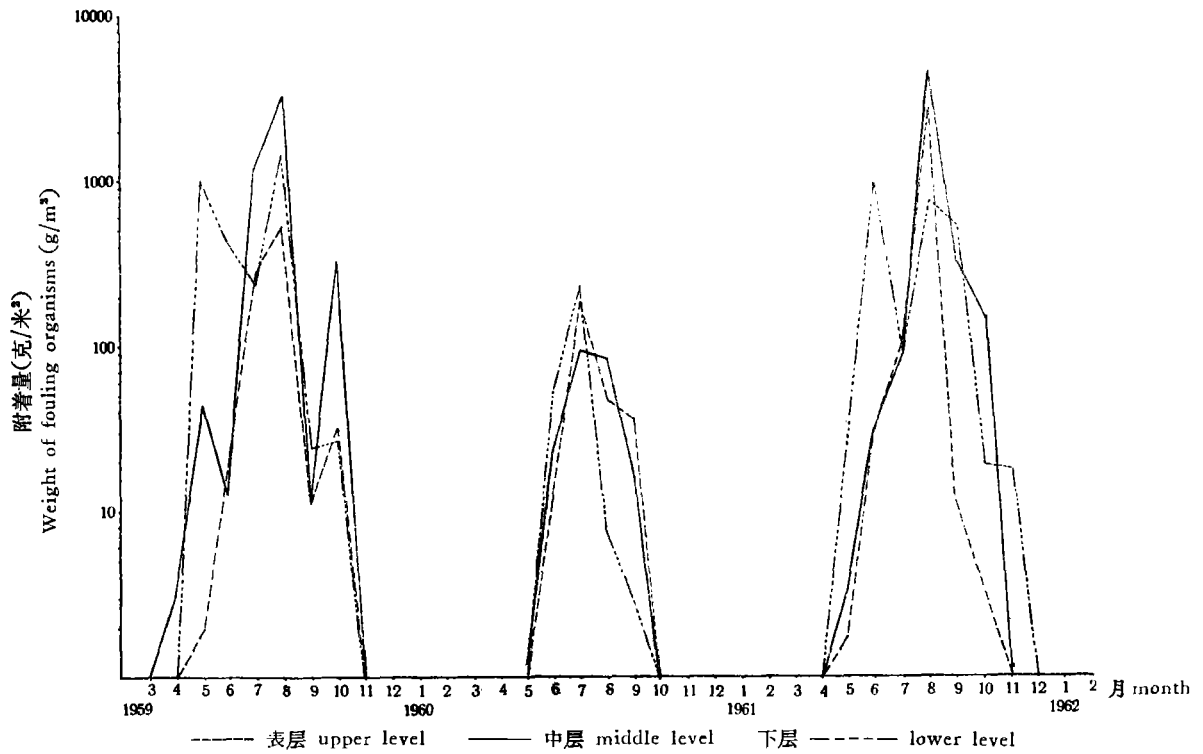


Fig. 7 Seasonal variation of weight of fouling organisms on the three different levels at Dairen

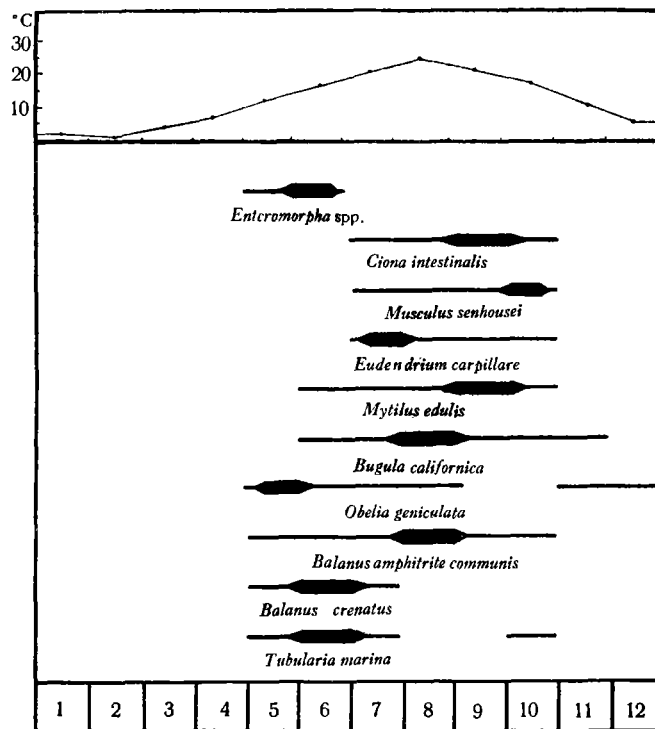


Fig. 8 lower: Season of attachment of major fouling organisms at Dairen;
upper: Mean sea water temperature curve

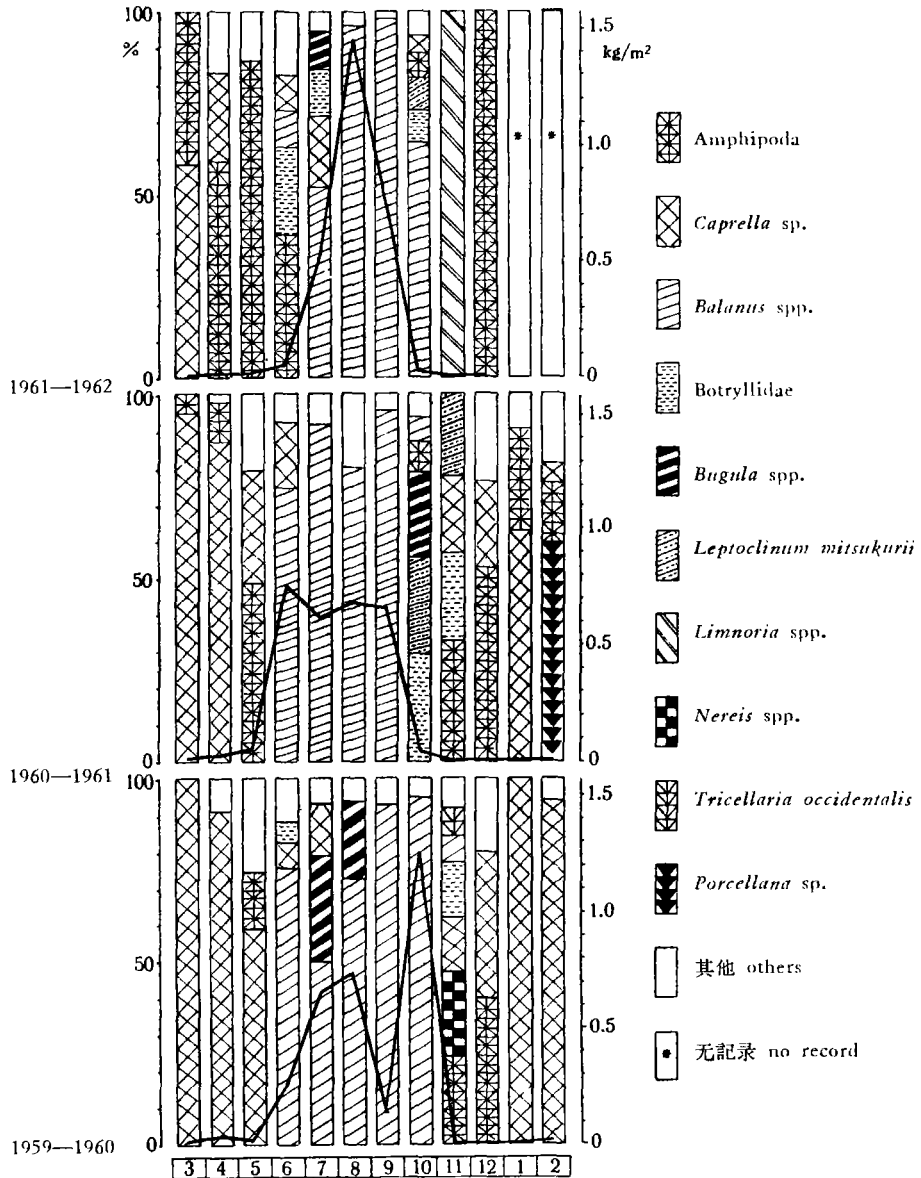
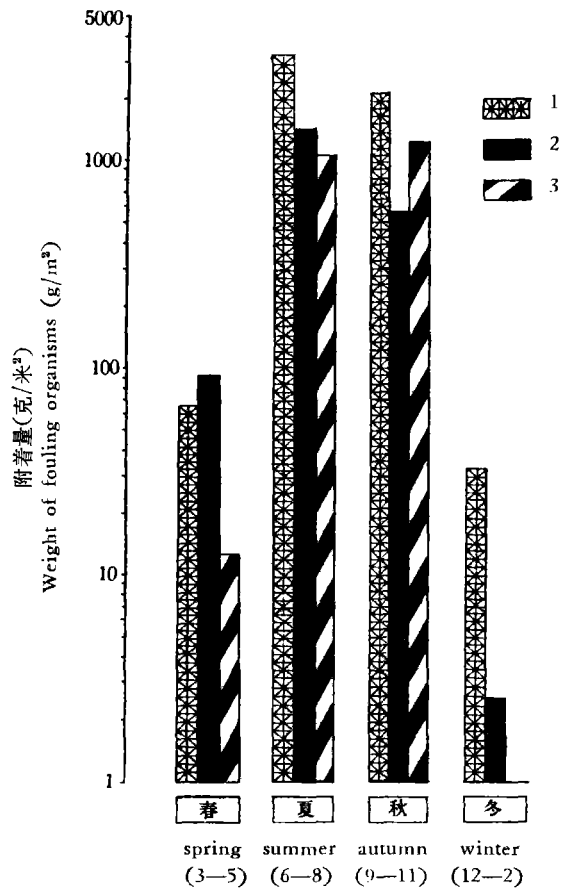


图9 青島港各月附着生物种类的百分組成及平均附着量

Fig. 9 Percentage and average weight of monthly fouling organisms at Tsingtao



1. 1959.3—1960.3 2. 1960.3—1961.3 3. 1961.3—1962.3

图 10 青島港季板附着量

Fig. 10 Trimonthly weight of fouling organisms at Tsingtao

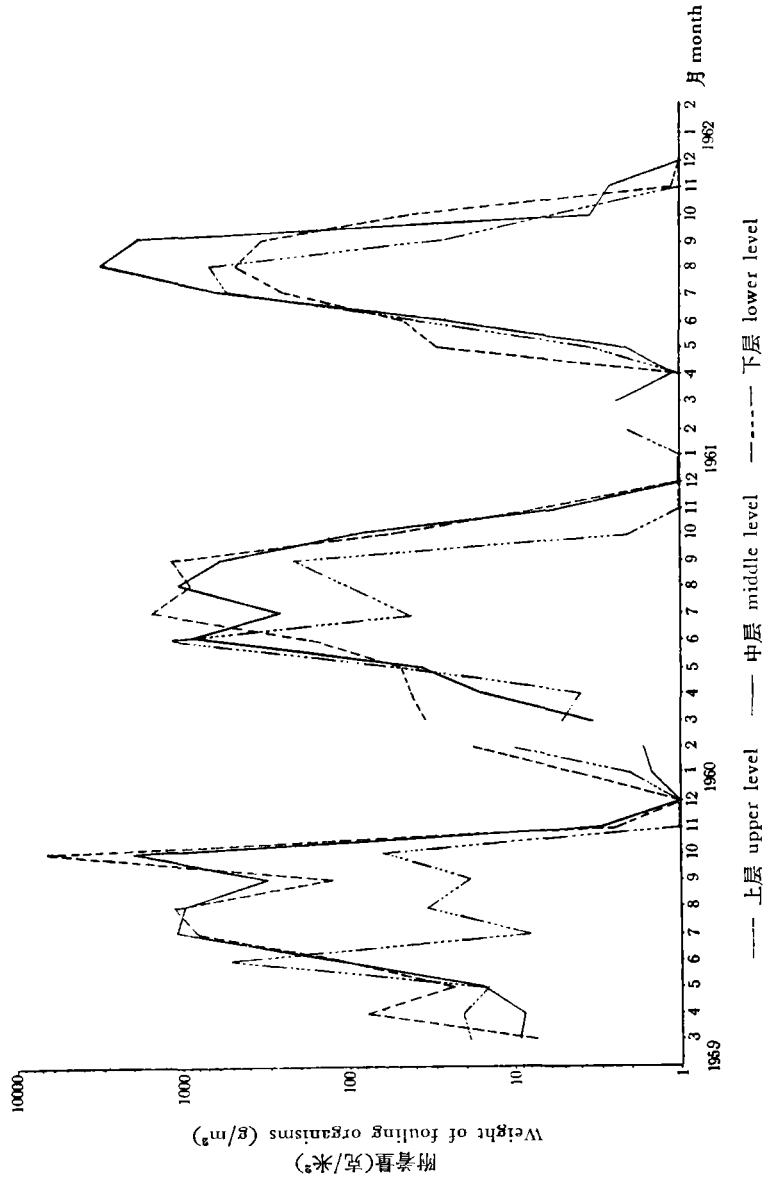


图 11 青岛港三个水层附着生物量的季节变化
Fig. 11 Seasonal variation of weight of fouling organisms on the three different level at Tsingtao

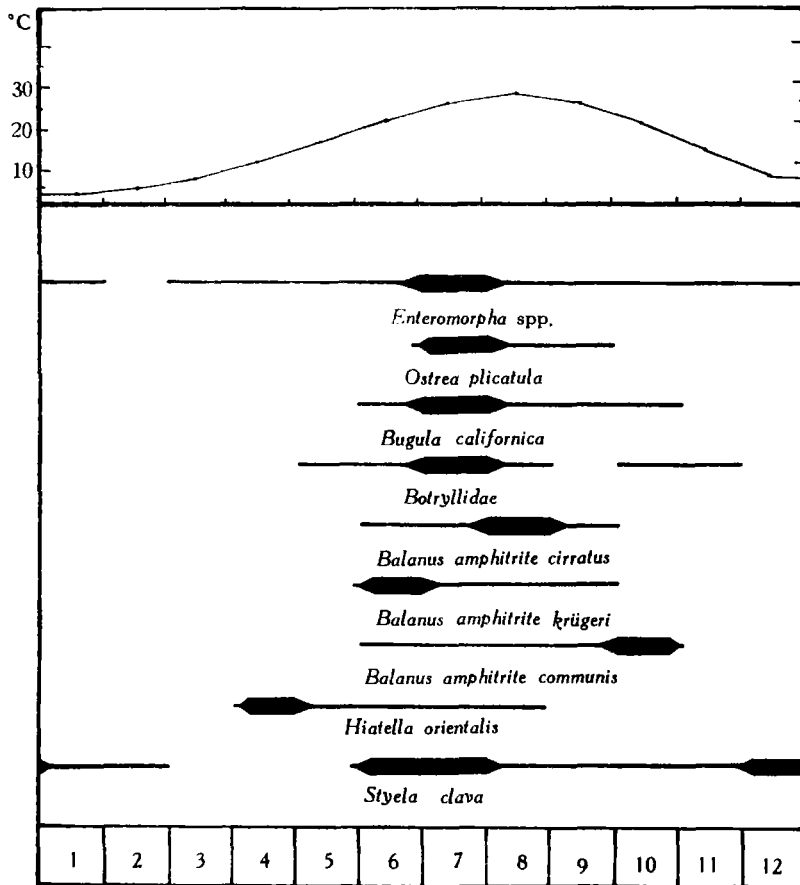


图 12 青島港主要附着生物的附着季节和平均水温曲线

Fig. 12 lower: Season of attachment of major fouling organisms at Tsingtao;
upper: Mean sea water temperature curve

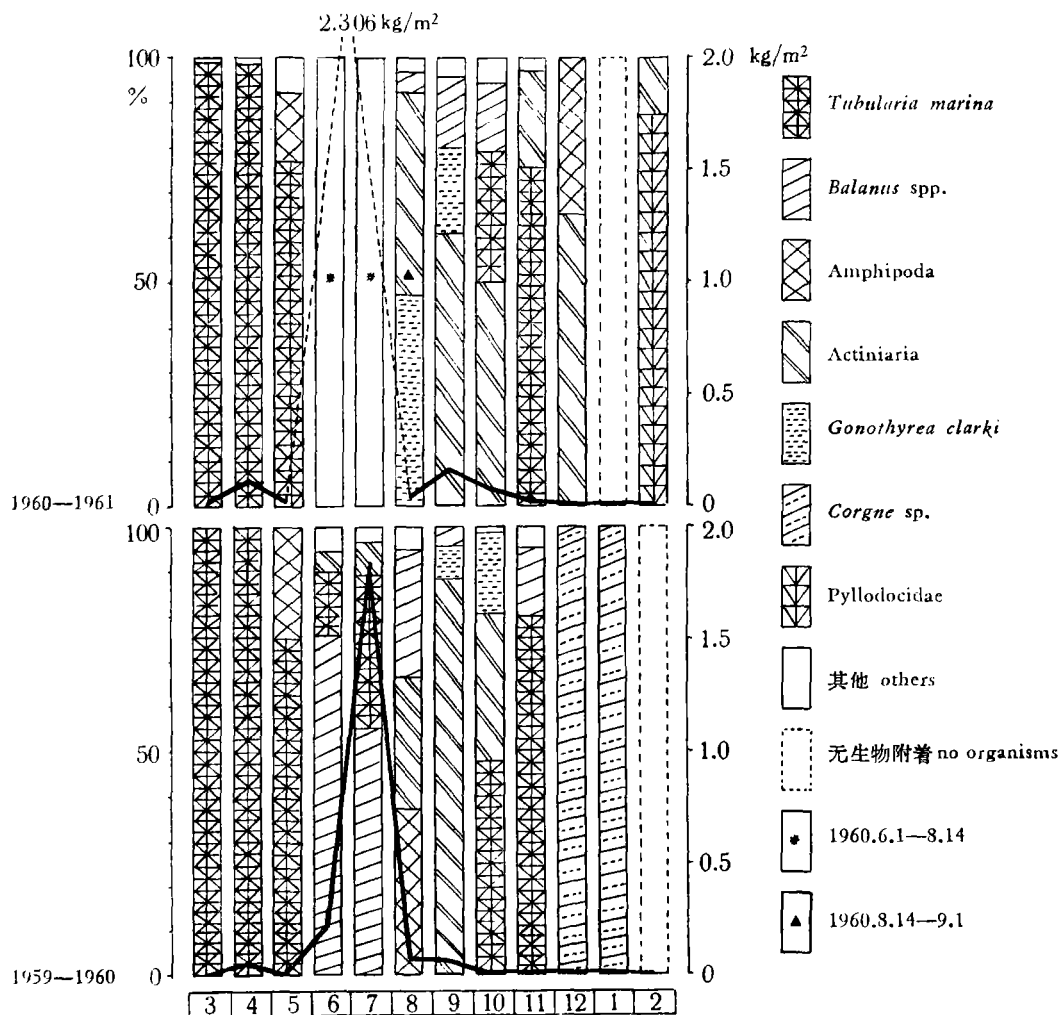
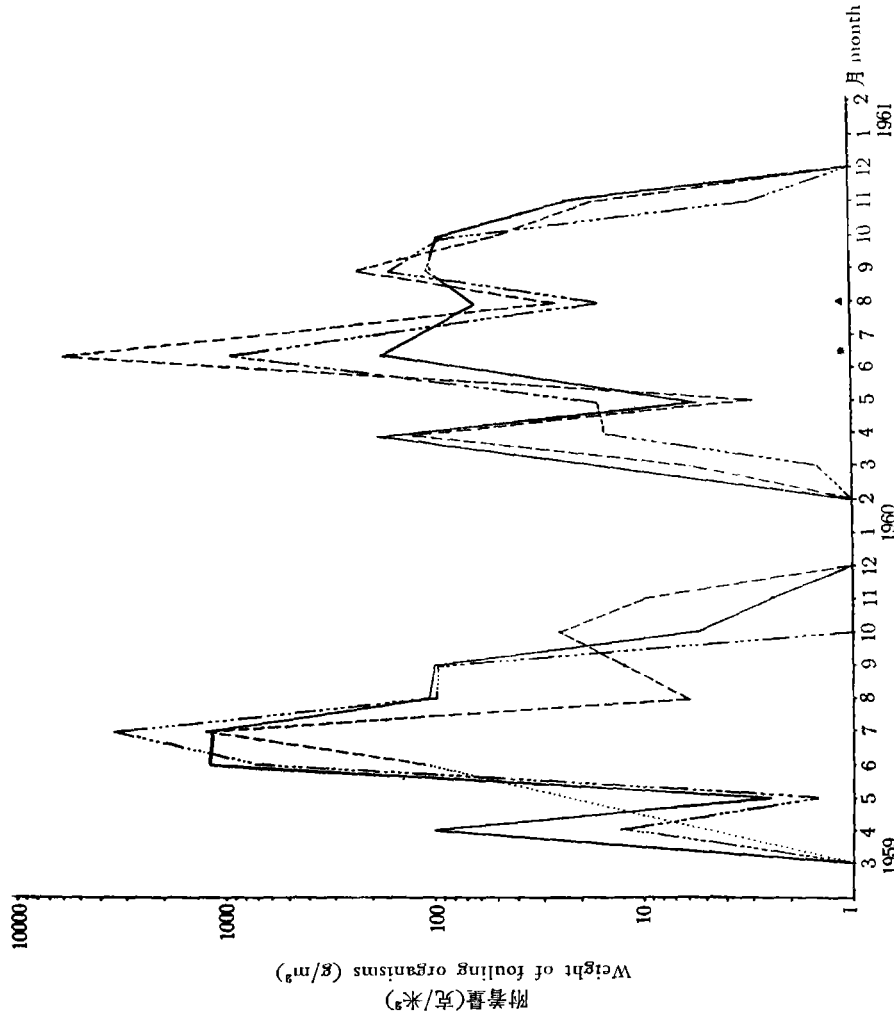


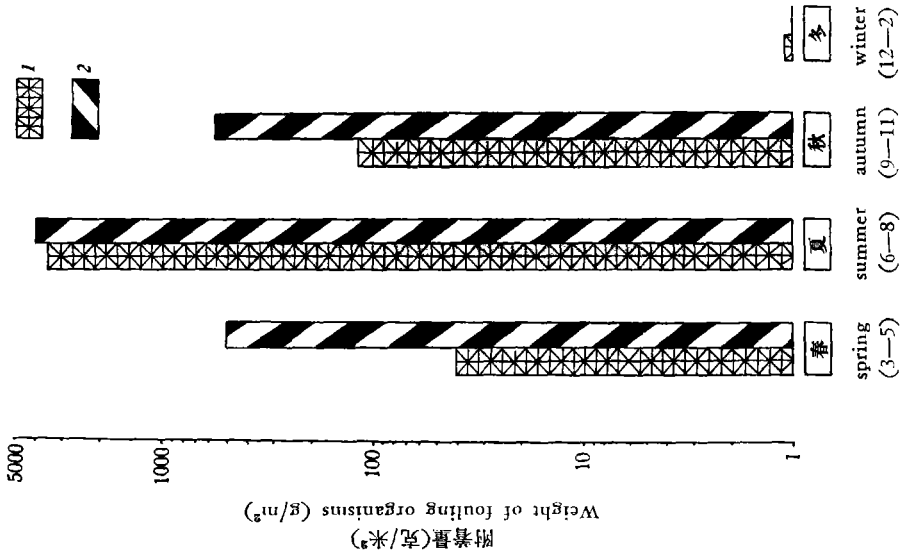
图 13 石浦港各月附着生物种类的百分組成及平均附着量

Fig. 13 Percentage and average weight of monthly fouling organisms at Shihpu



--- 表层 upper level — 中层 middle level - · - 下层 lower level
 * 1960.6.1—1960.8.14 ▲ 1960.8.14—1960.9.1

图 15 石浦港三个水层附着生物量的季节变化
 Fig. 15 Seasonal variation of weight of fouling organisms on the three different levels at Shihpu



1. 1959.3—1960.3 2. 1960.3—1961.3

图 14 石浦港季附着量
 Fig. 14 Trimonthly weight of fouling organisms at Shihpu

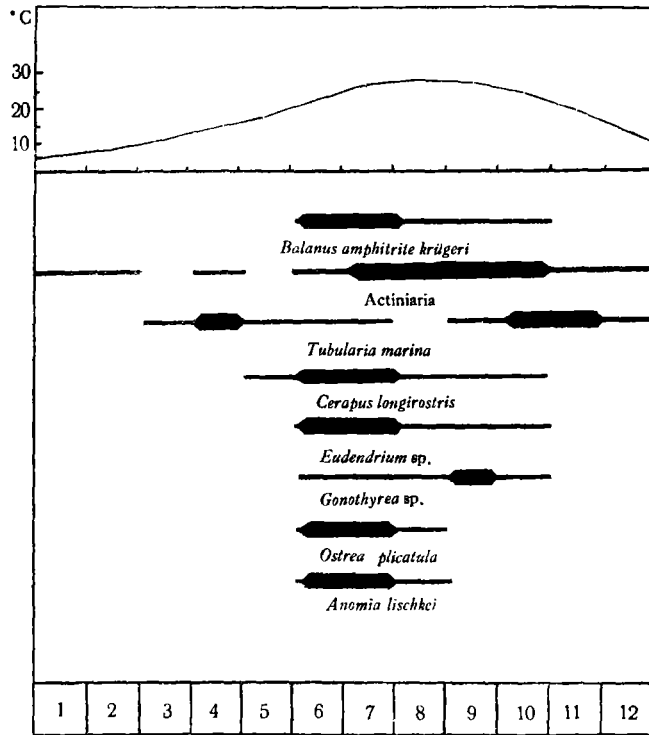


图 16 石浦港主要附着生物的附着季节和平均水温曲线
Fig. 16 lower: Season of attachment of major fouling organisms at Shilipu;
upper: Mean sea water temperature curve

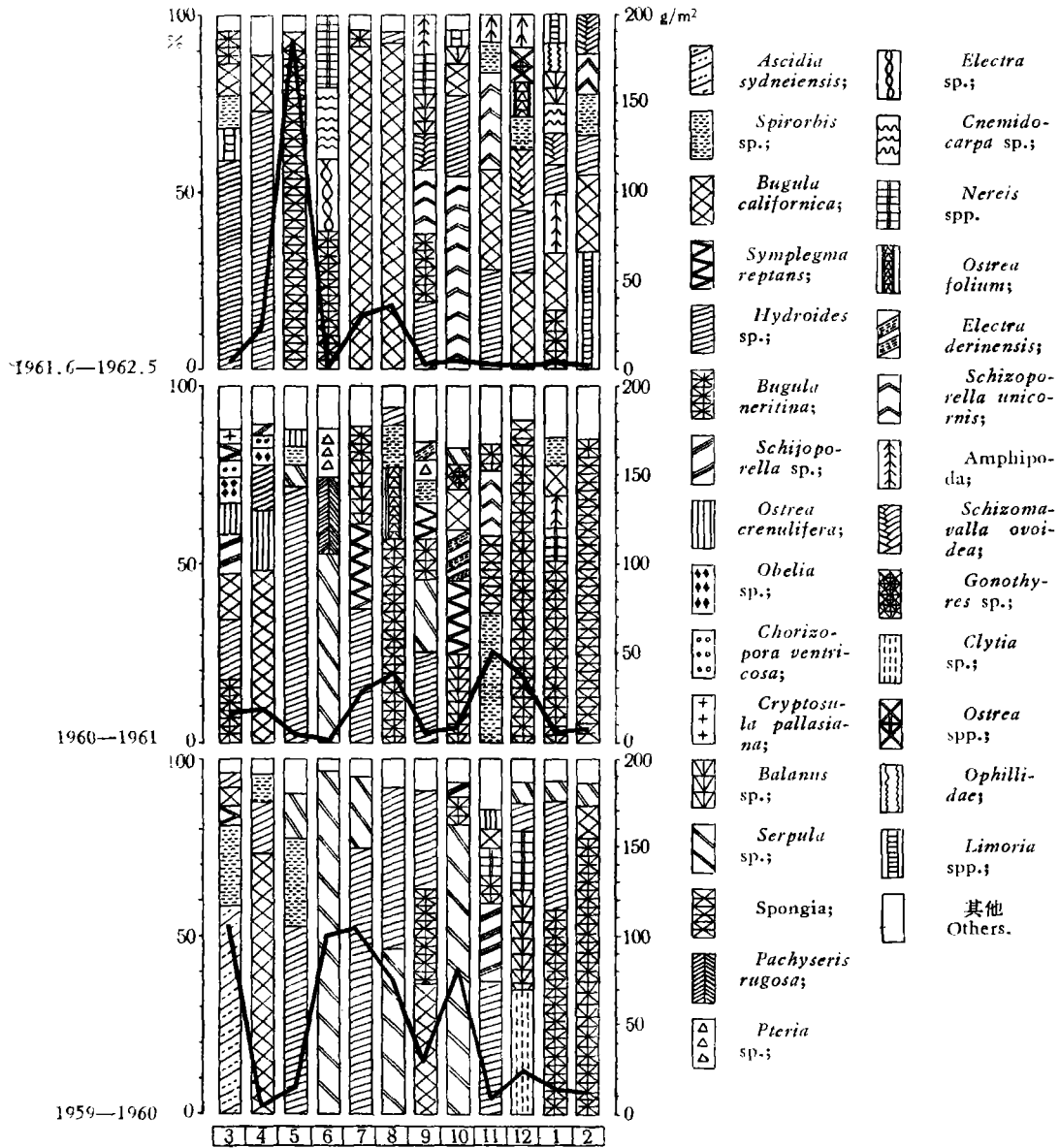


图 17 榆林港各月附着生物种类百分組成及平均附着量

Fig. 17 Percentage and average weight of monthly fouling organisms at Yulin

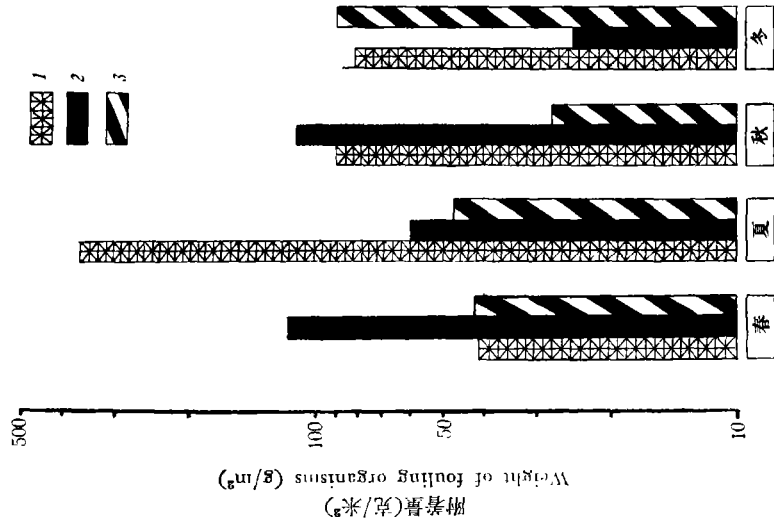


图 18 榆林港季板附着量
1. 1959.3—1960.3; 2. 1960.3—1961.3;
3. 1961.6—1962.5.

图 19 榆林港三个水层附着生物量的季节变化

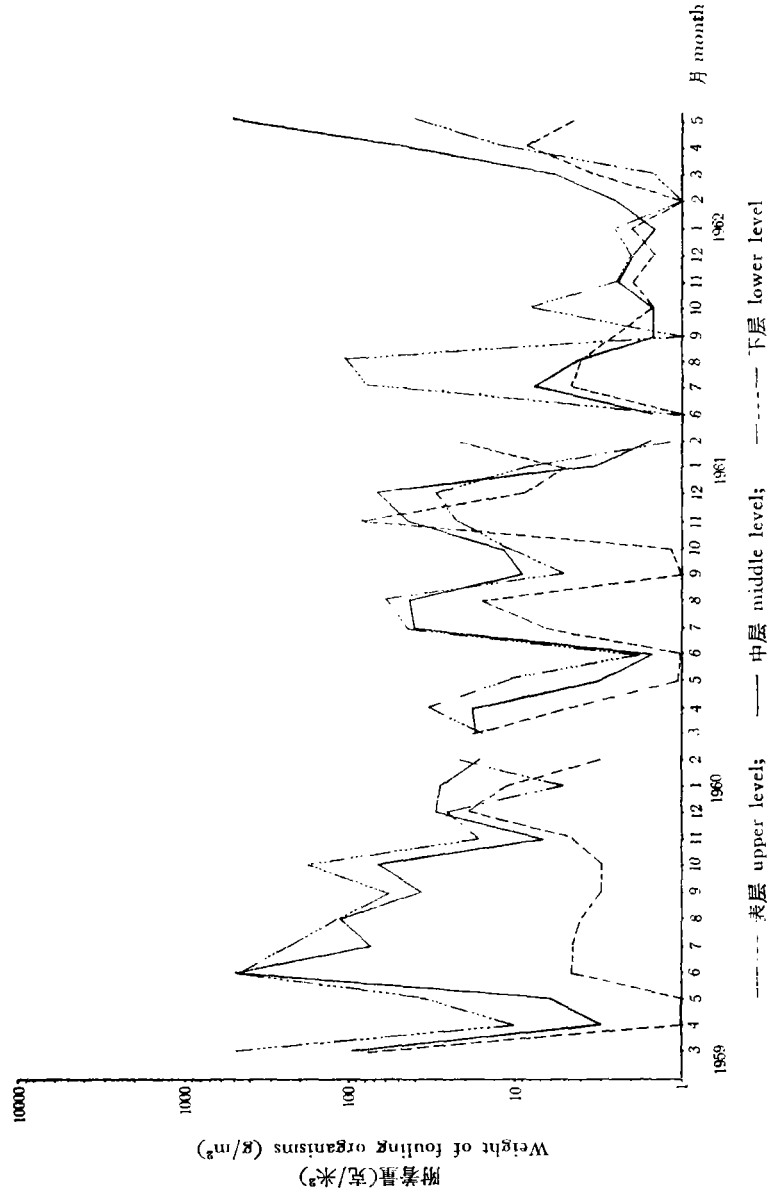


图 19 榆林港三个水层附着生物量的季节变化

Fig. 18 Trimonthly weight of fouling organisms at Yülin
Fig. 19 Seasonal variation of weight of fouling organisms on the three different level at Yülin

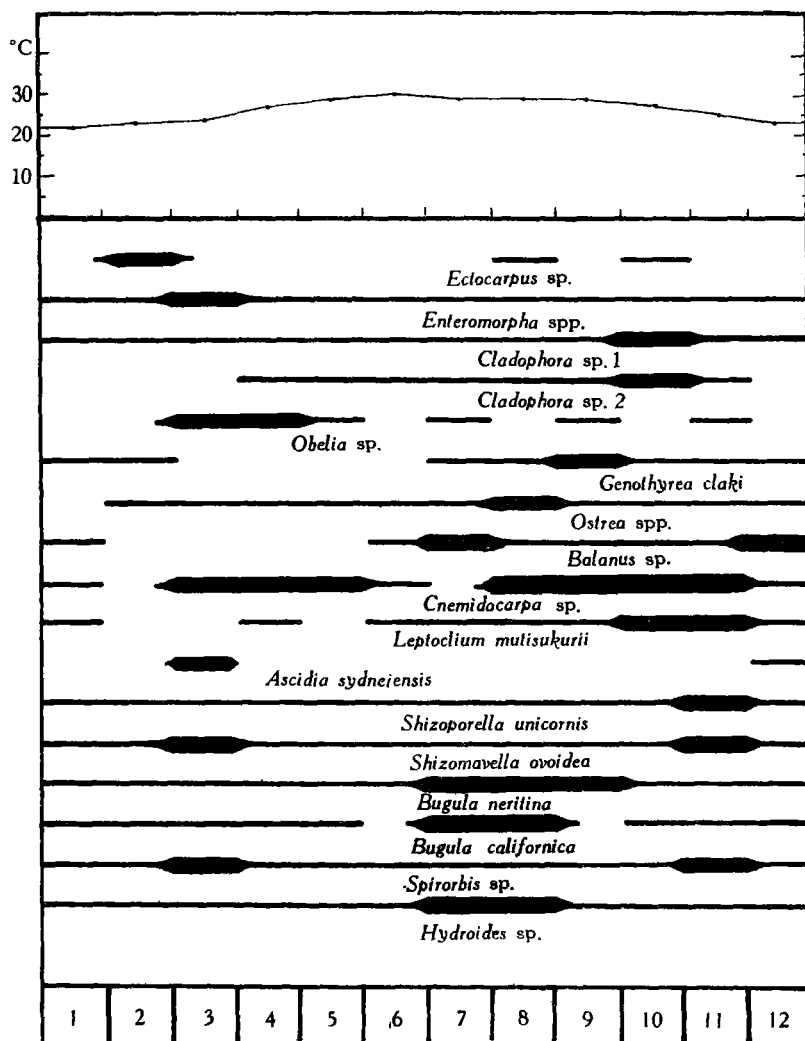


图 20 榆林港主要附着生物的附着季节和平均水温曲线

Fig. 20 lower: Season of attachment of major fouling organisms at Yülin;
upper: Mean sea water temperature curve.