

网络优先数字出版时间: 2015-08-26

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20150826.1640.004.html>

## 青岛海鸥浮码头冬季污损生物调查分析\*

# Investigation and Analysis of Fouling Organisms in Qingdao Seagulls Floating Dock

马士德<sup>1,2</sup>, 王在东<sup>3</sup>, 刘会莲<sup>1</sup>, 赵君<sup>4</sup>, 段继周<sup>1</sup>, 许健平<sup>3</sup>, 韩文<sup>3</sup>, 王静<sup>1</sup>,  
刘传安<sup>3</sup>

MA Shi-de<sup>1,2</sup>, WANG Zai-dong<sup>3</sup>, LIU Hui-lian<sup>1</sup>, ZHAO Jun<sup>4</sup>, DUAN Ji-zhou<sup>1</sup>,  
XU Jian-ping<sup>3</sup>, HAN Wen<sup>3</sup>, WANG Jing<sup>1</sup>, LIU Chuan-an<sup>3</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071; 2. 中国老教授协会海洋防腐防污专业委员会, 山东青岛 266071; 3. 青岛东启机械设备有限公司, 山东青岛 266071; 4. 海洋化工研究院, 山东青岛 266071)

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong, 266071, China; 2. Marine Anti-corrosion Anti-fouling Professional Committee of China Senior Professors Association, Qingdao, Shandong, 266071, China; 3. Qingdao Tony Machinery & Equipment Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266071, China; 4. Marine Chemical Research Institute, Qingdao, Shandong, 266071, China)

**摘要:**【目的】为给胶州湾生态评价提供污损生物的基本信息, 调查青岛中港服役 5.5 年海鸥浮码头水中钢结构的生物污损状况。【方法】分析鉴定该浮码头冬季污损生物的稳定群落结构及其分布, 并与 50 年前的调查结果进行对比。【结果】青岛中港冬季稳定群落基本结构为多年生固着生物, 牡蛎 (*Ostrea gigas thunberg*) 和藤壶 (*Balanus* sp.) 为底层, 其上为附着型的海鞘 (*Pyrosomella verticillata*)、贻贝 (*Mytilidae*) 和苔藓虫 (*Bryozoa*), 表层为地毯式复海鞘、苔藓虫、海绵 (*Reniclonia* sp.)、水螅 (*Hydra*) 和海葵 (*Sea anemone*) 等; 去除多年生固着生物 (藤壶、牡蛎) 及附着型的扇贝, 服役 5.5 年浮码头最大单位面积污损重量不足 1.0 kg/m<sup>2</sup>。【结论】相比 50 年前, 青岛中港污损生物群落结构及附着量都发生显著变化, 建议把胶州湾污损生物生态研究纳入胶州湾海洋生物生态系统的研究中。

**关键词:** 青岛中港 浮码头 生物污损

**中图分类号:** P75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2015)03-0214-05

**Abstract:**【Objective】In order to investigate the ecological change of Qingdao Port, and find basic bio-fouling information for the evaluation of ecological change in Jiaozhou Bay, an investigation of “Seagulls” floating dock is taken during its 5.5 years’ service period in Qingdao Zhonggang Port.【Methods】This paper analyzed and identified the stable community structure and distribution of fouling organisms in winter.【Results】Through comparing the current and 50 years ago data, it shows that the basic structure of stable community in winter is fixed type organisms. The bottom layer, which contains *Ostrea gigas thunberg* and *Balanus* sp., is attached by *Pyrosomella verticillata*, *Mytilidae* and *Bryozoa*. The upper layer is filled with

carpet type organisms. Except *Balanus* sp., *Ostrea gigas thunberg* and *Mytilidae*, the maximum weight of the floating dock per unit area during the 5.5 years is 1.0 kg/m<sup>2</sup>.【Conclusion】The structure of stable winter fouling community and adhesion quantities have significantly

收稿日期: 2015-04-10

修回日期: 2015-05-25

作者简介: 马士德 (1938-), 男, 研究员, 主要从事海洋腐蚀与污损及其控制研究。

\* 国家自然科学基金项目 (59071040) 资助。

changed over 50 years, suggesting the research of fouling organisms in Jiaozhou Bay need to be employed in the Jiaozhou Bay ecological research of marine ecosystems.

**Key word:** Qingdao Zhonggang, floating dock, biofouling

## 0 引言

**【研究意义】**青岛中港位于胶州湾东岸,是停靠中小型船舶的避风港。中国科学院海洋研究所的海鸥轮 20 世纪 70 年代退役,长期停靠在青岛中港的浮码头。海鸥浮码头通常是 5 年进坞维修一次。2015 年 4 月,海鸥轮在胶州湾红岛海利丰船厂上坞维修,距离前一次进坞时间(2009 年 9 月)已有 5.5 年。对长期停港满 5.5 年的船体腐蚀、阴极保护、生物污损的调查,可以为该海域海上阴极保护技术和防污涂料应用及污损生物群落的组成提供最丰富的实海试验资料。**【前人研究进展】**胶州湾是我国海洋科学研究的主要基地之一,早期的海洋腐蚀与防污研究的试验设施大多位于青岛中港。20 世纪 30 年代我国海洋生物调查从该海域开始<sup>[1]</sup>。20 世纪 50 年代,原苏联科学院和中国科学院合作的海洋生物学调查也是从该海域开始<sup>[2]</sup>。20 世纪 60 年代,中国科学院海洋所组织了我国主要港湾污损生物调查。20 世纪 80 年代,国家及青岛地方政府都加大开发利用胶州湾的力度,并设立开发攻关项目,曾呈奎院士还倡导海洋农牧化研究。20 世纪 90 年代开始,胶州湾作为我国温带地区的典型海湾,以其生态类型上具有高度人为干预的复合生态系统特点,成为我国生态系统研究网络(CERN)的野外观测站之一。**【本研究切入点】**生物污损和海洋腐蚀是金属/海水界面的两个自然过程<sup>[3]</sup>,而且生物污损是影响海洋工程设施正常运转的主要因素之一。污损生物可降低船速,堵塞海水管道和养鱼网箱的网眼<sup>[4]</sup>,增加海洋平台的负载,加大海上有桩腿的构筑物受海水海风冲击的面积,使船舶的声呐设备失灵,参比电极和牺牲阳极失效<sup>[5~7]</sup>,左右海洋腐蚀等<sup>[7~11]</sup>,给国民经济造成巨额损失。随着海洋开发事业的发展,污损生物的研究愈来愈引起濒海国家的关注,但是人们忽略了污损生物生态对区域海洋生态相关作用的研究。例如,胶州湾海域的污损生物研究未能与其生态系统研究同步推进,该海域的污损生物调查还要追溯到 20 世纪 60 年代。**【拟解决的关键问题】**调查在青岛中港服役 5.5 年的海鸥浮码头水中钢结构的生物污损,分析鉴定冬季污损生物的分布和稳定生物群落组成结构,并与 50 年前的调查结果进行对比,以期胶州湾海洋生态系统提供新的信息。

## 1 海鸥浮码头生物污损概况

海鸥浮码头长 48.52 m,宽 7.09 m,吃水深度 1.68 m。2009 年 9 月进坞维修时,进行了牺牲阳极保护阴极的安装和按照常规港湾浮码头的涂装防腐防污系统涂料。2014 年 9 月重新进坞维修,在上坞前进行油料、物料的转移,住勤人员搬迁,试验设施的转移,以及甲板上一切非码头固定设施清理等进坞前的清场工作。由于种种原因,直到 2015 年 4 月才上坞。上坞后,科研人员立即进行检查,系统照相记录并定点取样分析。

初步检出可视污损生物 20 余种,镜检生物 10 余种。发现船底生物污损面积比例为 100%,水下 1 m 到船底区域污损面积比例为 95%~100%,表层污损面积比例为 60%~70%;最大污损生物附着厚度为 6 cm,最大污损生物单位面积附着重量为 12.4 kg/m<sup>2</sup>。可视污损生物的主要种类有苔藓虫(Bryozoa),海鞘(Pyrosomella verticilliata),贻贝(Mytilidae),牡蛎(Ostrea gigas thunberg),海绵(Reniclona sp.),藤壶(Balanus),水螅(Hydra),海葵(Sea anemone),石莼(Ulva lactuca),石灰虫(Lime bug)等。主要污损生物分检后,在剩余残渣中用显微镜检出微小生物主要有 10 余种:多毛类(Polychaete),海鞘,石灰虫,阔口隐槽苔虫(Cryptosula pallasian),藤壶,蛤(Clam),贻贝,西方三胞苔虫(Tricellaria occidentalis),血苔虫(Watersipora)。

## 2 污损生物群落结构及重量分布

20 世纪 60 年代,李洁民等<sup>[12]</sup>对青岛港污损生物进行较系统的调查。从 1960 年 3 月至 1962 年 3 月历时两年的月板和季板,但未能进行年板的挂片,故只得出污损生物的季节变化<sup>[11]</sup>。本次调查是迄今为止浸海时间最长的钢结构生物污损调查,排除人为因素和季节因素的影响,海鸥轮底层污损生物基本可以代表青岛港湾冬季稳定污损生物群落的结构与组成。主要可视污损生物为海鞘、苔藓虫、牡蛎、藤壶、海绵、水螅。群落基本结构为多年生固着生物,牡蛎、藤壶为底层,在其上为附着型的海鞘、贻贝、苔藓虫,表层为地毯式复海鞘、苔藓虫、海绵,以及水螅、海葵等。若在夏秋季,石莼、裙带菜、海带、

浒苔等植物类生物也会出现在污损群落的上层;在污损群落中还存在游走的食客,如小鱼、小虾、小蟹等和海水运动带来的沉积型生物,如小贝、有孔虫等<sup>[13,14]</sup>。

在海鸥浮码头的右舷水线以下 30 cm(表层)和 100 cm(下层)处,铲取约 25 cm<sup>2</sup> 面积的污损生物,共取 6 个点(图 1),装袋编号为 1A、3A、5A(表层),

1B、3B、5B(下层)。在其左舷与右舷对应处同样取 6 个点(图 2),装袋编号为 2A、4A、6A(表层),2B、4B、6B(下层)。在实验室中对已取样品进行分类,把不同种生物检出分别装袋、编号、照相、称重,剩余泥渣作为“其他种类”用于镜检。计算各种类的重量比例,详细结果见图 1 和图 2。

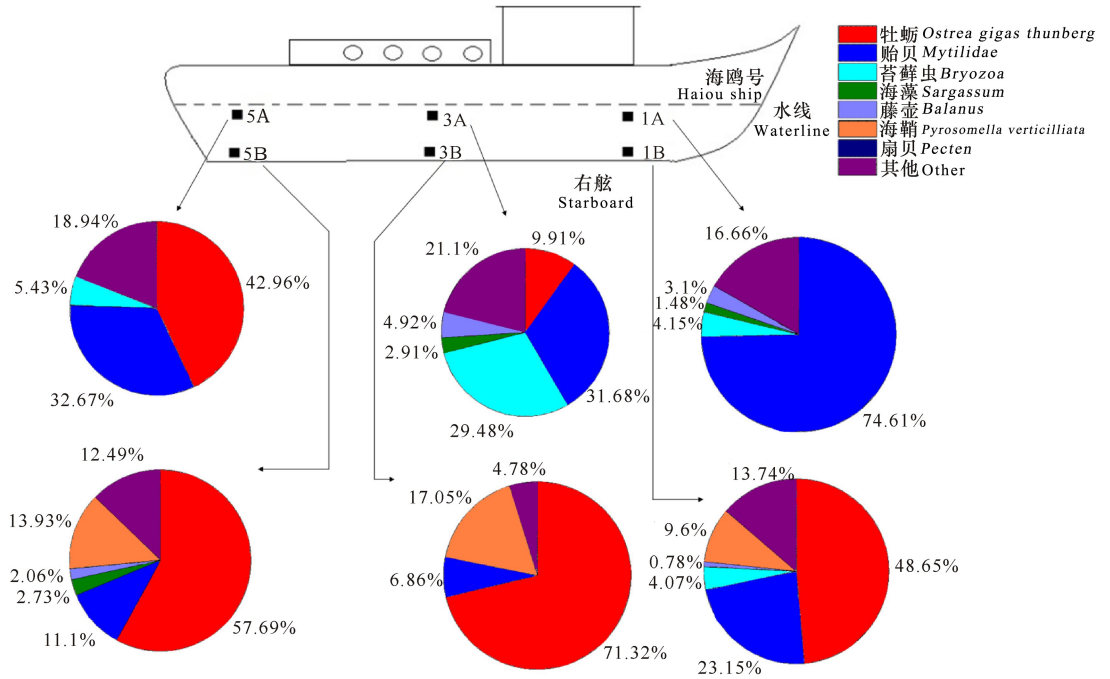


图 1 海鸥浮码头右舷污损检测示意图及污损生物重量比例

Fig. 1 Fouling detection and weight proportion of fouling organisms on starboard of Haiou floating dock

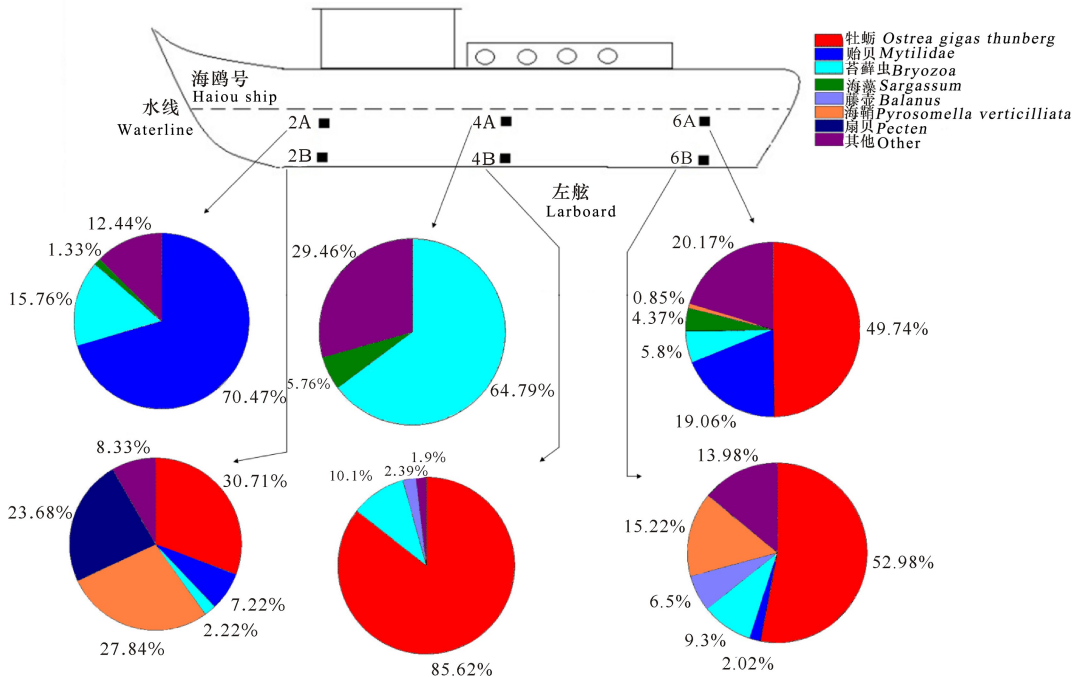
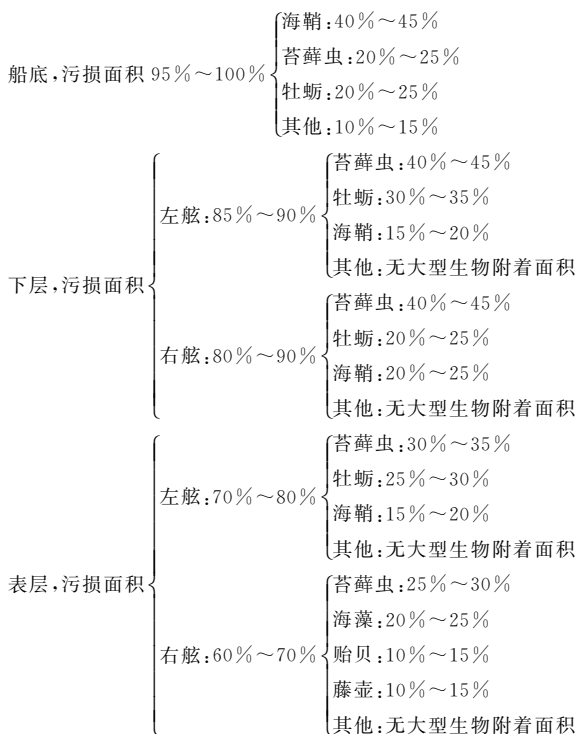


图 2 海鸥浮码头左舷污损检测示意图及污损生物重量比例

Fig. 2 Fouling detection and weight proportion of fouling organisms on Larboard of Haiou floating dock

### 3 污损生物附着密度及种类分布

船体不同部位(图3)的污损生物附着密度及种类分布如下:



污损生物在海鸥轮船底附着密度最高(100%), 污损生物种类最多(20余种), 个体最大的(最大牡蛎10cm, 最大扇贝8cm)以及重叠附着的均出现在船底或靠近船底处。表层附着面积60%~70%, 物种少(约3~4种), 优势种为苔藓虫, 右舷比左舷附着密度小。优势的苔藓虫种类也有不同, 右舷优势种苔藓虫为比较鲜艳的血红色血苔虫, 左舷优势种苔藓虫为颜色很淡的米黄色血苔虫。

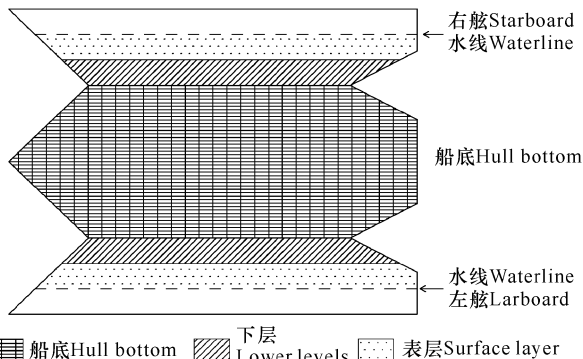


图3 海鸥轮调查部位示意图

Fig. 3 The investigation parts of Haiou ship

海鸥浮码头表层污损生物密度比下层和底层低, 种类少, 个体小。可能有2个方面的原因: 一方面是自然因素, 胶州湾处于温带, 每年大约有4个月

的时间海水表层温度低于10℃<sup>[13]</sup>, 而此温度下, 大多生物处于休眠期, 故生物物种少, 不耐温的生物死亡后, 新生命还未占位。海鸥浮码头2015年4月初进坞, 此时刚好经历寒冷海水期(4个月)。另一方面是人为因素, 为进坞维修海鸥轮, 需要彻底清仓、清污和维修无关或影响维修的物品、设备, 人员暂时撤离, 致使船的负载减少, 水线上浮约10cm, 原水线附近污损生物、海藻和贻贝干枯、脱落。另外, 靠近海鸥轮船和拖船也会与其产生摩擦, 造成污损生物被磨损。

### 4 青岛港湾污损生物变化对比

距离20世纪60年代李潔民等<sup>[12]</sup>对青岛港湾污损生物调查已有50多年。这50多年内, 由于人类对海湾的开发和利用, 如围海养殖、造盐田、修坝筑港、填海造陆等, 胶州湾海域面积逐年减少, 加之河流入海带来的泥沙沉降, 使胶州湾海域纳潮量减小, 港内的海水交换受到影响, 更重要的是, 海水养殖业的发展, 使得扇贝、贻贝、海藻等得以大量繁殖, 南北港船只来往带进新物种, 使生态环境逐渐变化, 必然会引起该海域污损生物群落的变化。青岛港湾50年前的调查中, 贻贝、扇贝还不能称为主要污损生物, 如今已成为主要污损生物, 马尾藻和翡翠贻贝在中港挂片中也已出现; 50年前单月最高的污损生物单位面积重量为1.5kg/m<sup>2</sup>, 如今, 服役5.5年时间的浮码头最大单位面积污损重量仅为12.4kg/m<sup>2</sup>, 若去除对重量贡献最大的多年生固着生物藤壶、牡蛎及附着型的扇贝, 其最大重量不足1.0kg/m<sup>2</sup>。说明, 该海域污损生物稳定群落结构和附着量都发生了显著变化。

### 5 结束语

通常认为污损生物属于底栖类或潮间带生物。而本次调查结果显示, 污损生物几乎涵盖除鱼类及脊椎动物以外的海洋生物。而且随着海洋开发事业的发展, 各类海洋工程设施剧增, 给污损生物带来越来越大的发展空间。文献<sup>[15]</sup>认为, 对区域性污损生物的分布、组成、结构及其变化的系统研究和资料积累, 有望对区域环境评价做出贡献, 污损生物学、污损生物生态学等海洋生物学的分支学科已初步形成。说明污损生物变化已成为海域生态环境评价中不可缺少的因素, 而胶州湾的污损生物生态研究至今未能纳入胶州湾海洋生物生态系统的研究中, 值得相关机构或学术团体思考。

## 参考文献:

- [1] 张墨. 胶州湾海产动物采集团第一期报告[J]. 国立北平研究院动物所中文报告汇刊, 1935, 11: 1-96.  
Zhang M. The first report of marine animal in Jiaozhou Bay[J]. The Chinese Report of the National Institutes of Beijing Animals, 1935, 11: 1-96.
- [2] 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[M]. 北京: 科学出版社, 1992.  
Liu R Y. Ecology and Biological Resources of Jiaozhou Bay[M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [3] 马士德. 金属/海水界面两个主要过程的关系[J]. 海洋湖沼通报, 1979(12): 85-89.  
Ma S D. The relationship of two main process on metal/sal. water[J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1979(12): 85-89.
- [4] 黄宗国, 蔡如星. 海洋污损生物及其防除[M]. 北京: 海洋出版社, 1984: 20-30.  
Huang Z G, Cai R X. Marine Fouling and Its Prevention[M]. Beijing: China Ocean Press, 1984: 20-30.
- [5] 宋万超, 马士德. 我国浅海石油平台污损调查[C]//第三届海峡两岸材料腐蚀与控制讨论会论文集. 北京: 化学工业出版社, 2002.  
Song W C, Ma S D. Fouling in oil platform of shallow sea in our country[C]//Corrosion and Control: The Papers of the Third Symposia about Material Corrosion and Protection of Both Sides of the Taiwan Straits. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [6] 姚平, 鲍祺, 赵霞, 等. 中国南海涠洲油田 W114A 平台服役 15 年的水下钢结构腐蚀防护调查[J]. 海洋科学, 2011, 35(1): 54-58.  
Yao P, Bao Q, Zhao X, et al. Corrosion and protection of the W114A offshore platform after a 15-year service in Weizhou oil field of the South China [J]. Marine Sciences, 2011, 35(1): 54-58.
- [7] 姚平, 鲍祺, 王洪仁, 等. 中国南海东方气田海上平台水下钢结构腐蚀防护研究[J]. 全面腐蚀控制, 2010(1): 8-14.  
Yao P, Bao Q, Wang H R, et al. The survey of corrosion and protection of Dongfang platform in China South Sea[J]. Total Corrosion Control, 2010(1): 8-14.
- [8] 马士德. 藤壶对低合金钢腐蚀影响的研究[J]. 海洋通报, 1985, 4(6): 45-47.  
Ma S D. The survey of corrosion of *Barnacle* on low alloy steel[J]. Marine Science Bulletin, 1985, 4(6): 45-47.
- [9] 马士德, 谢肖勃, 黄修明, 等. 藤壶附着对海水中金属腐蚀的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 1995, 15(1): 74-78.  
Ma S D, Xie X B, Huang X M, et al. The effect of *Barnacle* adhesion on metal corrosion in seawater[J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection, 1995, 15(1): 74-78.
- [10] 马士德, 李伟华, 孙虎元, 等. 海洋腐蚀的生物控制[J]. 全面腐蚀控制, 2006, 20(3): 5-10.  
Ma S D, Li W H, Sun H Y, et al. The biological control of ocean corrosion [J]. Total Corrosion Control, 2006, 20(3): 5-10.
- [11] Ma S D. Effect of *Barnacles* on local corrosion of stainless steel(1Cr18Ni9Ti)[J]. Marine Science, 1992(4): 11-13.
- [12] 李洁民, 黄修明, 黎国珍, 等. 中国几个主要海港附着生物生态的研究[J]. 海洋与湖沼, 1964, 6(4): 371-408.  
Li J M, Huang X M, Li G Z, et al. Ecological studies on the marine fouling organisms at some important ports of China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1964, 6(4): 371-408.
- [13] 马士德, 王科, 赵君, 等. 青岛港湾主要大型污损生物群落组成演化初步探讨[C]//中国海洋湖沼学会第十次会员代表大会 2012 海洋腐蚀与生物污损学生研讨会摘要集. 青岛, 2012.  
Ma S D, Wang K, Zhao J, et al. The study of major fouling organisms community composition in Qingdao Harbor[C]//The Tenth Member Representative Assembly of China Marine Lacustrine Bog Institute, the Seminar Symposium of 2012 Marine Corrosion and Biofouling. Qingdao, 2012.
- [14] 马士德, 王科, 赵君, 等. 青岛港湾镜检中的污损生物群落变化及主要物种的初步研究[C]//2013 年中国涂料工业协会防腐分会年会暨第二届中国涂料技术创新高峰论坛论文集. 青岛, 2013.  
Ma S D, Wang K, Zhao J, et al. The study of marine engineering material test and fouling community in Qingdao[C]//The Symposium of 2013'China Coating Industry Association Anticorrosive Branch Annual Meeting i. e. The Second peak Forum of China Coating Technology Innovation. Qingdao, 2013.
- [15] 董金海, 焦念志. 胶州湾生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 1996.  
Dong J H, Jiao N Z. Ecology in the Jiaozhou Bay[M]. Beijing: Science Press, 1996.