

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd ²⁺ 的生物吸附特性	李维焕,孟凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何超,孟泉科,花蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪洋,王刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程琳,李锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵丹,李锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白杨,黄宇驰,王敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

王宝强, 薛俊增, 庄骅, 吴惠仙. 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性. 生态学报, 2011, 31(20): 5865-5874.

Wang B Q, Xue J Z, Zhuang H, Wu H X. Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 5865-5874.

洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性

王宝强¹, 薛俊增¹, 庄 骅², 吴惠仙^{1,*}

(1. 上海海洋大学水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 2. 洋山同盛港口建设有限公司, 上海 201308)

摘要: 2009—2010 年在洋山港海域大洋山岛和圣姑礁进行四个季度潮间带大型底栖动物生态学研究。共采集到大型底栖动物 61 种, 以广布种为主, 部分为河口低盐种, 其中软体动物 22 种, 环节动物 16 种, 节肢动物 12 种, 苔藓动物 5 种, 腔肠动物 4 种, 星虫动物和棘皮动物各 1 种。优势种为短滨螺 (*Littorina brevicula*)、多齿围沙蚕 (*Perinereis nuntia*)、日本笠藤壶 (*Tetraclita japonica*)、齿纹蜒螺 (*Nerita yoldii*) 和特异大权蟹 (*Macromedaeus distinguendus*)。丰度和生物量在不同季节明显不同 ($P < 0.05$): 丰度的最高值出现在春季, 为 (3204.9 ± 837.84) 个/ m^2 , 最低值出现在秋季, 仅为 (2213.2 ± 731.27) 个/ m^2 ; 生物量的最高值则出现在夏季 (2233.2 ± 1493.42) g/ m^2 , 冬季最少, 仅为 (819.95 ± 484.80) g/ m^2 。大洋山岛和圣姑礁的丰度和生物量具有较大差异 ($P < 0.05$): 年均丰度以大洋山断面较高, 为 (3090 ± 742.74) 个/ m^2 , 圣姑礁断面较低, 为 (2133 ± 372.51) 个/ m^2 ; 而年均生物量则以圣姑礁断面较高, 为 (1711.1 ± 1180.76) g/ m^2 , 大洋山断面较低, 仅为 (1028.5 ± 627.61) g/ m^2 。运用 ABC 曲线、等级聚类法和 MDS 对大型底栖动物群落结构分析发现: 大洋山潮间带大型底栖动物群落尚未受到干扰或干扰较轻, 群落结构相对稳定; 而圣姑礁断面的潮间带大型底栖动物群落受到了中度的干扰, 群落结构稳定性下降。与 15 年前的研究相比, 圣姑礁大型底栖动物的密度和生物量均有大幅度的降低, 这与洋山港海域盐度的升高、生态环境变化和人为干扰强度增加等有关。

关键词: 洋山港; 大型底栖动物; 群落结构; 人为干扰; 潮间带

Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port

WANG Baoqiang¹, XUE Junzeng¹, ZHUANG Hua², WU Huixian^{1,*}

1 Ministry of Education Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Resource, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 Yangshan Tongsheng Port Construction Co. Ltd., Shanghai 201308, China

Abstract: The intertidal zone between the sea and the land is one of the most sensitive ecosystem in nature with high production. With rapid economic development and overexploitation, the ecosystem of the intertidal zone is seriously threatened by human activities. The Yangshan deep-water port is a new port in Hangzhou Bay south of Shanghai. It is built on the offshore islands of Greater and Lesser Yangshan (part of the Zhoushan archipelago), which have been amalgamated by land reclamation and connected to the mainland via the Donghai Bridge, the latter of which was opened on 1st December, 2005 as the third-longest bridge in the world at 32.5 km in length. In recent years the development and exploitation of the Yangshan deep-water port has caused increasing fragmentation of intertidal regions. These human activities could seriously affect the structure and function of the intertidal zone ecosystem. Macrobenthos is an important part of intertidal zone ecosystem, playing an important role in material cycling and energy utilization. The changes in community structure of macrobenthos are indicators for the stability for intertidal zone ecosystem, because macrobenthos have slow mobility, long life history, and stable habitat requirements. For this reason, the macrobenthos in intertidal zone has great significance for coastal environmental monitoring and evaluation of the coastal engineering environment. In order to better

基金项目: 上海市科委海洋科技临港专项 (10dz1210900); 上海市教委科研创新项目 (10YZ125); 上海市教委重点学科建设项目 (J50701)

收稿日期: 2011-05-29; **修订日期:** 2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hxwu@shou.edu.cn

understand the effects of human disturbance, this study explored the influence of anthropogenic changes on macrobenthos biodiversity. The investigation spanned four seasons, from October 2009 to July 2010, in two different stations in the intertidal zones of Yangshan Port. Sixty-one species were identified, including 22 species of Mollusca, 16 species of Annelida, 12 species of Arthropoda, 5 species of Bryozoa, 4 species of coelenterate, 1 species of Sipuncula and 1 species of Echinodermata. The dominant species were *Littorina brevicula*, *Perinereis nuntia*, *Tetraclita japonica*, *Nerita yoldii* and *Macromedaeus distinguendus*. In general, the characteristics of macrobenthos in Yangshan port were euryokous or hypohalinokous, which is typical along the coast or near an estuary. The average abundance and biomass varied significantly with the seasons ($P < 0.05$). Abundance was highest in Spring ((3204.9 ± 837.84) ind./m²) and lowest in Autumn ((2213.2 ± 731.27) ind./m²). However, biomass was highest in Summer ((2233.2 ± 1493.42) g/m²) and lowest in Winter ((819.95 ± 484.80) g/m²). Comparing the two stations, the average abundance in Dayang island ((3090 ± 742.74) ind./m²) was higher than Shenggu island ((2133 ± 372.5) ind./m²). But the average biomass in Dayang island ((1028.5 ± 627.61) g/m²) was lower than Shenggu island ((1711.1 ± 1180.76) g/m²). ABC curves, hierarchical clustering and MDS were used to analyze the data of community structure. The results showed that Dayang island had suffered less disturbance with the consequence of a more stable community structure. By contrast, Shenggu island had suffered moderate disturbance with the consequence of a less stable community structure. Biomass and density of macrobenthos in Shenggu island were significantly decreased compared to previous research. This trend is closely related to increased salinity, altered habitat and intensified anthropogenic disturbance of Yangshan port.

Key Words: Yangshan Port; macrobenthos; community structure; anthropogenic disturbance; inter tidal zone

潮间带生态系统处于海陆过渡地带,是海洋中生产力较高的生态系统,也是最为敏感的生态系统之一。随着沿海地区经济的发展及海洋资源的不合理开发和利用,潮间带生态系统正面临着越来越严峻的人为干扰^[1-3]。洋山深水港位于杭州湾口、长江口外的浙江省嵊泗崎岖列岛,由大、小洋山等数十个岛屿组成,是中国大陆首个在海岛上建成的港口。随着港口的持续建设及海洋贸易的繁荣发展,洋山港海域许多潮间带区域呈现景观破碎化,这将对潮间带生态系统的结构和功能产生严重影响^[4]。

大型底栖动物是潮间带生态系统的重要组成部分,在海洋生态系统的物质循环和能量利用中均具有重要的作用^[5]。由于大型底栖动物的移动性差、生活周期长及生活环境相对固定,其群落结构的变化往往能够很好地表征潮间带生态系统的稳定性,因此,潮间带大型底栖生物在对海岸环境监测及沿岸工程环境评价方面具有重要的意义^[6-9]。

目前关于潮间带大型底栖动物群落结构时空变化的研究较多^[9-12],而人类开发活动对潮间带大型底栖动物群落结构影响的研究则相对较少^[1,13],鉴于此,本文在洋山港海域选择圣姑礁和大洋山两处岩礁断面,研究了潮间带大型底栖动物的种类组成、数量分布、季节变化及群落结构特征,以期了解洋山港海域人类活动对潮间带大型底栖动物群落的影响,从而为洋山港港口工程的开发、海岸环境资源的可持续利用以及海洋环境保护和管理提供相关理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

洋山深水港是利用小洋山岛填埋而形成的人工海上港口,港区航道则位于大洋山岛和小洋山岛中间的海域。采样点设于洋山港海域的圣姑礁和大洋山两个断面,其中圣姑礁断面(30°35'50"N, 122°04'50"E)紧邻洋山深水港航道且靠近大洋山客运码头,受人为干扰的影响较大,而大洋山断面(30°34'36"N, 122°04'21"E)则位于大洋山的西侧,离航道相对较为偏远,受人为影响较小。两采样断面均为岩性潮间带,具体采样位置如图1所示。

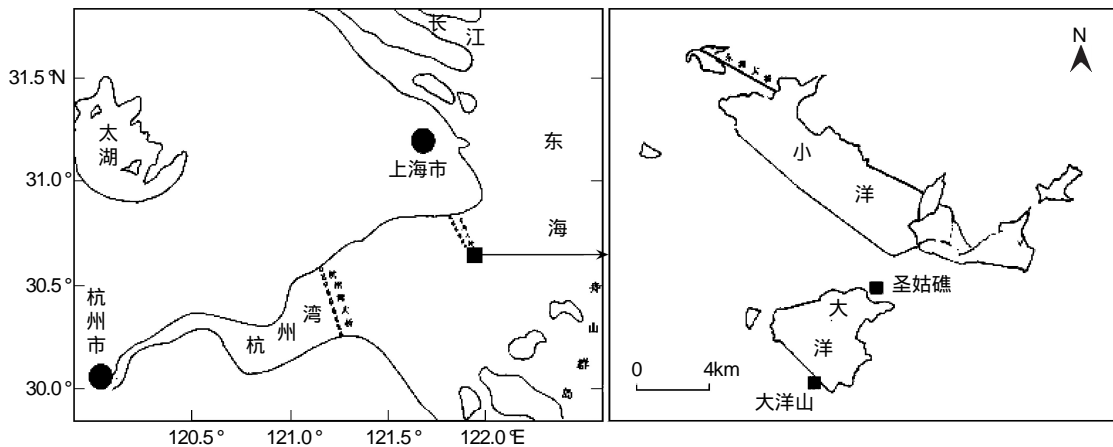


图 1 洋山港潮间带大型底栖动物采样断面分布图

Fig. 1 The sampling sections of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port

1.2 研究方法

按秋季(2009年10月)、冬季(2010年1月)、春季(2010年4月)和夏季(2010年7月)4个季度采集潮间带底栖动物样本。每个断面设置高中低3个潮区,每个潮区设置6个站位,定量取样用10cm×10cm取样框,采集框内全部生物,定性取样在等高线内进行带状取样。潮区的划分依据洋山港海域的潮汐特点,采集样本时间选择该月份大潮低潮。所有标本用5%甲醛溶液固定,带回实验室进行标本鉴定、计数和称重。

1.3 多样性指数分析

生物多样性指数分析,采用以下计算公式:

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数} \quad H = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\ln p_i)$$

$$\text{Margalef 多样性指数} \quad H' = \frac{(S - 1)}{\log_2 N}$$

$$\text{Simpson 丰富度指数} \quad D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

$$\text{Pielou 均匀度指数} \quad E = \frac{H}{\ln S}$$

$$\text{优势度} \quad Y = \left(\frac{n_i}{N} \right) \times f_i$$

式中, S 为总种数; P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例; N 为所有种的个体总数; f_i 为第 i 种的出现频率,计算方法为是该种出现的样方数与总样方之比的百分数。

1.4 数据分析及处理

利用Primer V5.0软件对洋山港大型底栖动物进行群落聚类、非度量多维标度(MDS)以及ABC曲线分析;聚类和MDS分析的数据经过原始丰度的平方根转换,利用群落的Bray-Curtis相似性系数矩阵计算;丰度/生物量ABC曲线则用原始丰度与生物量数据计算。

2 结果

2.1 种类组成及分布

共采集到大型底栖动物61种,软体动物最多,为22种,占种类数的36.1%;其次为环节动物,为16种,占种类数的26.2%;再次为节肢动物12种,占种类数的19.7%;另外,苔藓动物5种,腔肠动物4种,星虫动物和棘皮动物各1种。优势种为短滨螺(*Littorina brevicula*)、多齿围沙蚕(*Perinereis nuntia*)、日本笠藤壶(*Tetraclita japonica*)、齿纹蜒螺(*Nerita yoldii*)和特异大权蟹(*Macromedaeus distinguendus*)。双纹须蚶(*Barbatia*

bistrigata)、疣荔枝螺(*Purpura clavigera*)、丽小笔螺(*Mitrella bella*)、独齿围沙蚕(*Perinereis cultrifera*)以及近江牡蛎(*Crassostrea ariakensis*)为潮间带的常见种类。

不同季节潮间带底栖动物的种类有差异(表1):夏季出现种类最多,为42种;其次为春季和冬季,分别为38种和36种;秋季出现种类最少,仅为30种。大洋山相对圣姑礁物种更为丰富,两个采样点全年出现的种类分别为49种和44种,其中共有种为30种。

表1 洋山港海域潮间带大型底栖动物名录与分布

Table 1 Constitute and distribution of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port

种类 Species	数量级 Order of magnitude	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
		圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang	圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang	圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang	圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang
腔肠动物 Coelenterate									
中胚花筒螅 <i>Tubularia mesembryanthemum</i>	+				✓				
太平洋侧花海葵 <i>Anthopleura pacifica</i>	+	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
桂山厚丛柳珊瑚 <i>Hicksonella guishanensis</i>	+		✓		✓				
异杯珊瑚 <i>Heterocyathus</i> sp.	+	✓	✓	✓			✓	✓	
环节动物 Annelid									
多齿围沙蚕 <i>Perinereis nuntia</i>	+++	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
独齿围沙蚕 <i>Perinereis cultrifera</i>	++	✓	✓		✓	✓	✓		✓
异须沙蚕 <i>Nereis heterocirrata</i>	+		✓		✓	✓	✓		✓
杂色伪沙蚕 <i>Pseudonereis variegata</i>	+		✓						
日本刺沙蚕 <i>Neanthes japonica</i>	+		✓						
索沙蚕 <i>Lumbrineridae</i> sp.	++	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
亚洲帚毛虫 <i>Sabellaria ishikawai</i>	+	✓	✓	✓	✓				✓
非拟海鳞虫 <i>Nonparahalosydna pleiolepis</i>	+				✓				✓
短毛海鳞虫 <i>Halosydna brevisetosa</i>	+		✓						
覆瓦哈鳞虫 <i>Harmothoe imbricata</i>	+			✓	✓				✓
细毛背鳞虫 <i>Lepidonotus tenuisetosus</i>	+							✓	
梳鳃虫 <i>Terbellides stroemii</i>	+			✓					
刚鳃虫 <i>Chaetozone setosa</i>	+			✓					
多鳞虫 <i>Polynoidae</i> sp.	+						✓		
树蛭虫 <i>Pista</i> sp.	+	✓						✓	
裂虫 <i>Syllidae</i> sp.	+		✓						✓
苔藓动物 Bryozoan									
大室膜孔苔虫 <i>Membranipora grandicella</i>	+			✓	✓				
相似膜孔苔虫 <i>Membranipora similis</i>	+		✓						
厦门华藻苔虫 <i>Sinoflustra amoyensis</i>	+				✓				
厦门琥珀苔虫 <i>Electra xiamenensis</i>	+							✓	
西方三胞苔虫 <i>Tricellaria occidentalis</i>	+			✓					
软体动物 Mollusc									
短滨螺 <i>Littorina brevicula</i>	+++	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
粗糙拟滨螺 <i>Littoraria scabra</i>	+	✓				✓			
中间拟滨螺 <i>Littoraria intermedia</i>	++			✓		✓	✓		
小结节滨螺 <i>Nodilittorina exigua</i>	++					✓			
单齿螺 <i>Monodonta labio</i>	+		✓		✓				
齿纹蜒螺 <i>Nerita yoldii</i>	++	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
疣荔枝螺 <i>Purpura clavigera</i>	++	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
丽小笔螺 <i>Mitrella bella</i>	++		✓	✓	✓	✓	✓		✓
日本菊花螺 <i>Siphonaria japonica</i>	++	✓	✓	✓		✓		✓	✓

续表

种类 Species	数量级 Order of magnitude	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
		圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang	圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang	圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang	圣姑礁 Shenggu	大洋山 Dayang
甲虫螺 <i>Cantharus cecillei</i>	+		✓	✓	✓		✓	✓	✓
史式背尖贝 <i>Notoacmea schrenckii</i>	+	✓	✓		✓		✓		
矮拟帽贝 <i>Patelloida pygmaea</i>	+	✓		✓	✓			✓	✓
嫁虫戚 <i>Cellana toreuma</i>	+				✓	✓			
朝鲜鳞带石鳖 <i>Lepidozona coreanica</i>	+				✓		✓		
近江牡蛎 <i>Crassostrea ariakensis</i>	++	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
团聚牡蛎 <i>Ostrea glomerata</i>	+							✓	
双纹须蚶 <i>Barbatia bistrigata</i>	++	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
缢蛏 <i>Sinonovacula constricta</i>	+	✓							
凸壳肌蛤 <i>Musculus senhousia</i>	+			✓					
吉村马特海笋 <i>Martesia yoshimurai</i>	++	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
波纹沟海笋 <i>Zirfaea crispata</i>	+								✓
一种海笋 <i>Pholas sp.</i>	+	✓	✓						
节肢动物 Arthropod									
海蟑螂 <i>Ligia exotica</i>	+	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
网纹藤壶 <i>Balanus reliculatus</i>	+				✓	✓			
日本笠藤壶 <i>Tetraclita japonica</i>	++	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
微小圆柱水虱 <i>Cirolana minuta</i>	++	✓	✓					✓	✓
四齿大额蟹 <i>Metopograpsus quardridentatus</i>	+	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
特异大权蟹 <i>Macromedaeus distinguendus</i>	++	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
艾式活额寄居蟹 <i>Diogenes edwardsii</i>	+								✓
刺螯鼓虾 <i>Alpheus hoplocheles</i>	+							✓	
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	+	✓		✓					
太平洋长臂虾 <i>Palaemon pacificus</i>	+				✓				
强壮藻钩虾 <i>Ampithoe valida</i>	++		✓	✓	✓		✓		✓
安式钩虾 <i>Annanogammarus annandalei</i>	+	✓	✓						✓
其他 Others									
弓形革囊星虫 <i>Phascolosoma arcuatum</i>	+	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
真蛇尾 <i>Ophiurida sp.</i>	+				✓		✓		✓

+ 表示该种数量占总数的 1% 以下; ++ 表示该种数量占总数的 1%—10%; +++ 表示该种数量占总数的 10% 以上; ✓ 为该物种在相应区域内有分布

2.2 丰度和生物量的分布

洋山港潮间带不同类群底栖动物丰度和生物量所占的比例差异较大(表 2): 年均丰度以软体动物最高, 占总丰度的 48.20%, 其次为环节动物和节肢动物, 分别占 26.16% 和 21.21%, 其余类群所占比例较小; 年均生物量以软体动物生物量最大, 占总生物量的 58.57%, 其次为节肢动物, 为 37.53%, 其他类群动物所占比例较小。丰度和生物量在不同季节也明显不同($P \leq 0.05$): 丰度的最高值出现在春季, 为 (3204.9 ± 837.84) 个/ m^2 , 最低值出现在秋季, 仅为 (2213.2 ± 731.27) 个/ m^2 ; 生物量的最高值则出现在夏季 (2233.2 ± 1493.42) g/ m^2 , 冬季最低, 仅为 (819.95 ± 484.80) g/ m^2 。在不同采样断面之间, 丰度和生物量也具有较大差异: 年均丰度以大洋山断面较高, 为 (3090 ± 742.74) 个/ m^2 , 圣姑礁断面较低, 为 (2133 ± 372.51) 个/ m^2 ; 而年均生物量则以圣姑礁断面较高, 为 (1711.1 ± 1180.76) g/ m^2 , 大洋山断面较低, 仅为 (1028.5 ± 627.61) g/ m^2 。

2.3 群落多样性分析

洋山港潮间带大型底栖动物在不同季节与采样断面之间的多样性变化规律较为一致(表 3): Shannon-Wiener 多样性指数年均值为 2.342, 夏季大洋山采样断面最高(2.953), 秋季圣姑礁采样断面最低(1.919);

Margalef 多样性指数年均值为 2.996, 最高值出现在夏季大洋山断面(3.981), 最低值出现在秋季的圣姑礁采样断面(1.947); Simpson 丰富度指数的年均值为 0.843, 以夏季大洋山采样断面最高(0.924), 以秋季圣姑礁采样断面最低(0.753); 种类数以夏季大洋山断面最高(34 种), 以秋季圣姑礁采样断面最低(17 种); 物种均匀度指数的最高值也出现在夏季大洋山断面(0.837), 而最低值出现在春季的圣姑礁采样断面(0.623), 年均值为 0.716。总体而言, 大洋山采样断面比圣姑礁采样断面具有更高的多样性, 而夏季相对其它季节能维持更高的多样性。

表 2 洋山港潮间带大型底栖动物丰度和生物量的分布

Table 2 Abundance and biomass composition of macrobenthic animals in the intertidal zones of Yangshan Port

季节 Seasons	断面 Sections	数量 Quantity	腔肠动物 Coelenterate	环节动物 Annelid	软体动物 Mollusc	节肢动物 Arthropod	其他 Others	合计 Total
春季 Spring	圣姑礁	丰度/(个/m ²)	33 ± 7.72	533 ± 74.24	1680 ± 55.14	252 ± 26.35	6 ± 1.96	2506 ± 692.51
		生物量/(g/m ²)	3.25 ± 1.09	24.91 ± 3.67	521.8 ± 47.23	298.34 ± 64.90	0.07 ± 0.03	848.39 ± 233.44
	大洋山	丰度/(个/m ²)	92 ± 18.48	1750 ± 130.61	1250 ± 97.95	779 ± 81.61	33 ± 6.80	3904 ± 740.46
		生物量/(g/m ²)	12.02 ± 5.07	18.95 ± 3.96	534.92 ± 40.98	250.29 ± 101.84	4.35 ± 1.87	820.53 ± 231.65
夏季 Summer	圣姑礁	丰度/(个/m ²)	22 ± 2.97	494 ± 68.52	1314 ± 98.00	419 ± 29.15	33 ± 3.93	2283 ± 525.75
		生物量/(g/m ²)	2.37 ± 0.64	18.81 ± 2.86	2870.6 ± 449.24	314.69 ± 47.72	1.87 ± 0.27	3208.42 ± 1253.14
	大洋山	丰度/(个/m ²)	183 ± 69.56	791 ± 51.09	838 ± 67.99	496 ± 58.37	300 ± 93.05	2608 ± 290.23
		生物量/(g/m ²)	63.74 ± 28.66	31.41 ± 5.16	482.08 ± 68.11	505.67 ± 215.97	175.65 ± 85.50	1258.54 ± 227.61
秋季 Autumn	圣姑礁	丰度/(个/m ²)	0	127 ± 20.67	1333 ± 49.34	194 ± 8.88	0	1655 ± 566.52
		生物量/(g/m ²)	0	0.85 ± 0.18	1128.55 ± 133.51	510.78 ± 68.66	0	1640.19 ± 499.12
	大洋山	丰度/(个/m ²)	58 ± 14.23	567 ± 67.36	1446 ± 92.63	675 ± 91.38	25 ± 12.50	2770 ± 577.86
		生物量/(g/m ²)	11.23 ± 4.60	6.55 ± 0.80	212.44 ± 34.18	1313.76 ± 171.65	1.89 ± 0.94	1545.87 ± 586.62
冬季 Winter	圣姑礁	丰度/(个/m ²)	44 ± 9.85	311 ± 45.62	1339 ± 27.93	364 ± 38.83	28 ± 6.60	2086 ± 537.18
		生物量/(g/m ²)	7.04 ± 2.15	15.40 ± 2.69	431.00 ± 37.42	693.75 ± 118.65	3.84 ± 1.36	1151.04 ± 317.17
	大洋山	丰度/(个/m ²)	8 ± 4.17	892 ± 77.99	871 ± 68.24	1250 ± 100.17	58 ± 14.23	3079 ± 552.98
		生物量/(g/m ²)	0.61 ± 0.31	12.66 ± 1.03	239.54 ± 36.96	226.48 ± 36.92	9.61 ± 2.62	488.91 ± 123.61

表 3 洋山港潮间带大型底栖动物的多样性

Table 3 Diversity of macrobenthic animals in the intertidal zones of Yangshan Port

季节 Seasons	断面 Sections	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener, <i>H</i>	Margalef 多样性指数 Margalef, <i>H'</i>	Simpson 丰富度指数 Simpson, <i>D</i>	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index, <i>E</i>	种类数 Number of species, <i>S</i>
春季 Spring	圣姑礁	2.030	2.835	0.781	0.623	26
	大洋山	2.424	3.494	0.851	0.699	32
夏季 Summer	圣姑礁	2.562	3.225	0.891	0.761	29
	大洋山	2.953	3.981	0.924	0.837	34
秋季 Autumn	圣姑礁	1.919	1.947	0.753	0.677	17
	大洋山	2.329	2.746	0.866	0.733	24
冬季 Winter	圣姑礁	2.040	2.572	0.791	0.651	23
	大洋山	2.479	3.166	0.883	0.744	28

2.4 群落结构分析

基于洋山港潮间带大型底栖动物的丰度的平方根数据, 利用群落的 Bray-Curtis 相似性系数构建矩阵, 而对大型底栖动物的群落结构进行了等级聚类分析和非度量多维标度(MDS)排序分析, 得到群落的等级聚类图和 MDS 排序图(图 2), 其中 MDS 排序分析中的 Stress 值小于 0.1 (0.06), 说明图形吻合较好, 结果可信。根据群落等级聚类结果, 在相似性 50% 时, 可将洋山港潮间带大型底栖动物划分为 2 个群落, 即大洋山

底栖动物群落和圣姑礁底栖动物群落, MDS 排序分析与等级聚类分析结果相吻合, 即聚类分析中的 2 类非常显著, 显示空间变化对潮间带大型底栖动物种类组成的影响超过季节变化的影响。

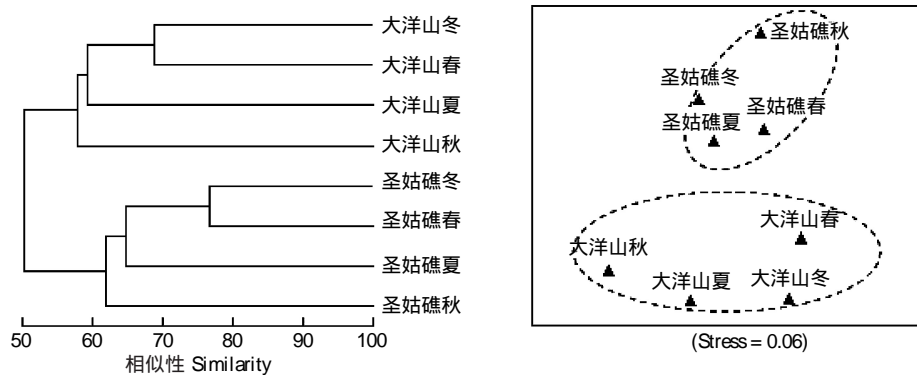


图 2 洋山港潮间带大型底栖动物的等级聚类及 MDS 排序分析

Fig. 2 The dendrogram and MDS of macrobenthic animals in the intertidal zones of Yangshan Port

2.5 群落 ABC 曲线分析

丰度/生物量比较的 ABC 曲线可以衡量大型底栖动物群落稳定性, 从而反映出大型底栖生物群落受干扰或污染的程度, 一般认为稳定性较高的群落, 其生物量曲线始终位于丰度曲线的上方, 即丰度比生物量具有更高的多样性, 一旦两条曲线相互交叉或重叠, 说明群落受到扰动, 群落稳定性下降^[14]。洋山潮间带大型底栖动物群落 ABC 曲线的结果如图 3: 春季圣姑礁采样断面丰度与生物量曲线相互交叉, 群落结构不稳定; 秋季和冬季的圣姑礁采样断面有所交叉和重叠, 群落结构相对不稳定; 大洋山采样断面四个季度以及圣姑礁断面的夏季, 丰度/生物量曲线则没有交叉或重叠, 生物量曲线始终位于丰度曲线上方, 群落结构稳定。

3 讨论

3.1 洋山港潮间带大型底栖动物种类组成

洋山港潮间带共发现大型底栖动物 61 种, 其中大洋山断面 49 种, 圣姑礁断面 44 种, 两断面共有种类 30 种。由于采样断面属于近岸较屏蔽沿岸, 波浪作用小, 潮间带许多种生物的分布表现出与潮区及潮位的高度相一致性: 高潮区主要是短滨螺、中间似滨螺、小结节滨螺及粗糙滨螺为主; 中潮区以日本笠藤壶、齿纹蛭螺、疣荔枝螺、日本菊花螺等为主; 低潮区则以近江牡蛎、特异大权蟹、双纹须蚶、多齿围沙蚕、独齿围沙蚕和丽小笔螺为主。与历史资料相比, 圣姑礁断面的优势种类有很大的变化^[15-17]: 曾作为代表种类的纹藤壶、泥管藤壶、糊斑藤壶等趋于消失, 白脊管藤壶大量减少, 日本笠藤壶则大量出现, 并成为洋山港潮间带大型底栖动物的优势种类; 粗糙滨螺、齿纹蛭螺、僧帽牡蛎、近江牡蛎、特异大权蟹等没有明显变化, 仍然是构成潮间带较为稳定的群落的代表种类。总的来看, 洋山港海域潮间带大型底栖动物的种类数较少, 群落组成较为单一, 主要是以广温性、广盐性种类为主, 这与洋山港盐度较低、泥沙含量及人为干扰较为严峻有密切的关系。

3.2 盐度变化及种类变迁

历史资料显示^[18], 洋山港海域在 1994 年属于低盐水域 (年均值仅为 11.80‰, 最高 20.66‰, 最低 4.13‰), 而在 2009 年度洋山港海域的周年环境监测中^[19], 盐度较历史资料有明显升高 (年均均为 20.02‰, 最高 23.10‰, 最低 14.55‰)。在众多影响海洋生物分布的环境因子中, 盐度是最重要的因子之一, 盐度的升高对潮间带生物的分布将产生重要的影响^[18]: 白脊管藤壶常作为淡水流入标志, 曾在洋山港海域的中、高潮区大量存在, 但在此次的周年调查中未发现其分布, 仅在人工码头桩柱上发现有少量存在^[20]; 泥管藤壶是河口低盐水域的优势种类^[21], 在 1994 年也有较多分布, 此次则在潮间带完全消失; 历史资料中日本笠藤壶在洋山港海域没有分布, 但由于其适应于中、高盐区生活, 因此在周年调查中则大量出现并成为当地的代表种类; 太平洋侧花海葵是舟山高盐海域的优势种类, 其在嵊山^[22]、长涂港^[22]和定海港^[22]所占湿重比例均很大, 在洋

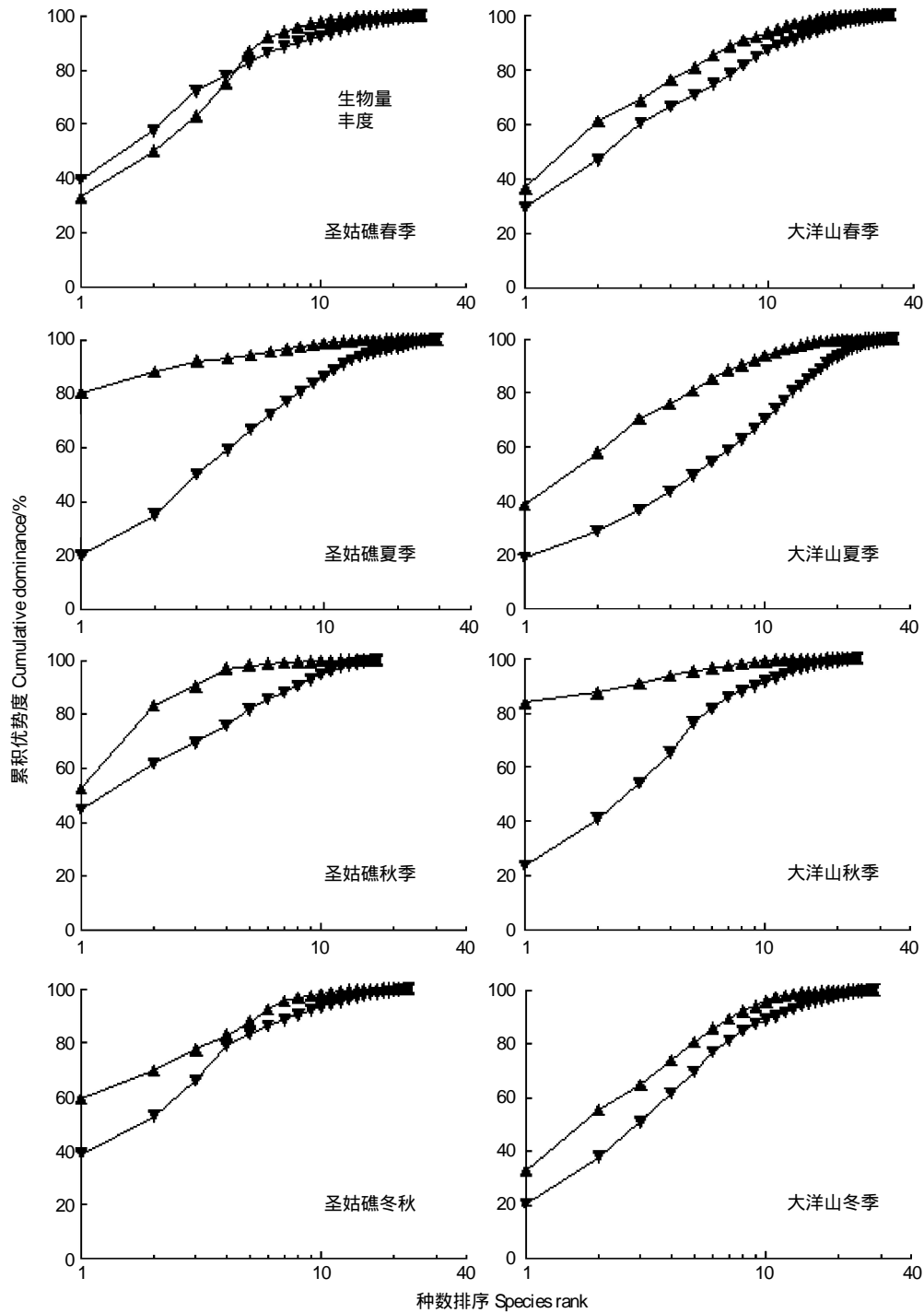


图3 洋山港潮间带大型底栖动物的 ABC 曲线

Fig. 3 ABC curves of of macrobenthic animals in the intertidal zones of Yangshan Port

山港附近沿岸也开始有分布,并呈现增加的趋势。洋山港海域盐度的升高,不仅影响到物种的分布,同时对潮间带大型底栖动物的密度和生物量也具有重要影响。与历史资料相比^[18],圣姑礁潮间带大型底栖动物在密度和生物量指标上均有大幅度的降低,年均密度从 4129.75 个/m²降为 2132.50 个/m²,年均生物量从 3799.43g/m²降为 1673.04g/m²。密度和生物量的大幅降低与大型种类消失有关,如密度和湿重较大的白脊管藤壶、泥管藤壶、纹藤壶及糊斑藤壶在 1994 年是圣姑礁潮间带的优势种类,而在此次调查中基本消失。

3.3 干扰对群落结构的影响

原始生境的改变和人为干扰的影响被认为是生物多样性下降、密度和生物量锐减的主要原因。近年来,随着洋山港港区工程的建设、航运的发展及海岸带的改造,洋山港海域潮间带的景观破碎化问题日益突出。关于洋山港建设过程中潮间带底栖动物的变化未有研究,但在洋山港建设以前的圣姑礁曾有过报道^[18],结合本次的研究结果发现圣姑礁潮间带底栖动物的群落结构有很大变化:僧帽牡蛎、白脊管藤壶、泥管藤壶、纹藤壶及糊斑藤壶等种类趋于消失;日本笠藤壶、日本菊花螺、多齿围沙蚕和太平洋侧花海葵等种类则大量出现;密度和生物量相比历史资料也有大幅度的降低。然而这些变化是否是港口建设引起的,仍需要进一步研究证明,但是通过罗民波等对比洋山港建港前后海洋底栖动物的变化发现:大型海洋工程确实可导致底栖动物生物量、多样性及群落稳定性的显著下降^[13]。另外,对洋山港海域潮间带两个断面的大型底栖动物进行 ABC 曲线的研究发现:离港区较远的大洋山断面潮间带大型底栖动物的丰度生物量曲线没有交叉现象,群落结构相对稳定;而紧邻港区航道的圣姑礁断面潮间带大型底栖动物的丰度生物量曲线存在交叉现象,群落结构较不稳定。总之,港区工程的建设、航运的发展及海岸带的改造等人为干扰对洋山港潮间带大型底栖动物的群落结构具有一定的影响。

References:

- [1] Peng X, Xie Q L, Chen S B, Huang X L, Qiu J B, Zhong W, Guan W C. The community distribution pattern of intertidal macrozoobenthos and the responses to human activities in Yueqing Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(4): 954-963.
- [2] Huang Y Q, Li R G, Wang J J, Zheng C X, Zheng F W, Lin J H, Jiang J X, Li S Z. Intertidal benthos diversity in the Meizhou Bay, Fujian Province. *Biodiversity Science*, 2010, 18(2): 161-167.
- [3] Hou S L, Yu X Y, Lu C H. Spatial distribution and seasonal variation of macrobenthos in intertidal flat of Sheyang estuary, Yancheng Nature Reserve. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(2): 297-303.
- [4] Thrush S F, Hewitt J E, Gibbs M, Lundquist C, Norkko A. Functional role of large organisms in intertidal communities; community effects and ecosystem function. *Ecosystems*, 2006, 9(6): 1029-1040.
- [5] Bao Y X, Hu Z Y, Li H H, Ge B M, Cheng H Y. Seasonal variation and functional groups of macrobenthic communities at diked and natural tidal flat, Lingkun Island, China. *Acta Zoologica Sinica*, 2008, 54(3): 416-427.
- [6] Taft O W, Haig S M. The value of agricultural wetlands as invertebrate resources for wintering shorebirds. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005, 110(3/4): 249-256.
- [7] Lui T H, Lee S Y, Sadovy Y J. Macrobenthos of a tidal impoundment at the Maipo marshes nature reserve, Hong Kong. *Hydrobiologia*, 2002, 468(1/3): 193-211.
- [8] Dauvin J C, Ruellet T, Desroy N, Janson A L. The ecological quality status of the bay of Seine and the Seine estuary: use of biotic indices. *Marine Pollution Bulletin*, 2007, 55(1/6): 241-257.
- [9] Long H, Yu J, Zhou Y. Using macrozoobenthos pollution index to assess Yueqingwan Bay tideland environmental quality. *Journal of Marine Sciences*, 2008, 26(4): 97-104.
- [10] Bonsdorff E. Zoobenthic diversity-gradients in the Baltic Sea: Continuous post-glacial succession in a stressed ecosystem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2006, 330(1): 383-391.
- [11] Honkoop P J C, Pearson G B, Lavaleye M S S, Piersma T. Spatial variation of the intertidal sediments and macrozoobenthic assemblages a long Eighty-mile Beach, Northwestern Australia. *Journal of Sea Research*, 2006, 55(4): 278-291.
- [12] Bao Y X, Ge B M, Zheng X, Cheng H Y. Spatial distribution and seasonal variation of the macrobenthic community on tidal flats of Tianhe, Wenzhou Bay. *Acta Zoologica Sinica*, 2006, 52(1): 45-52.
- [13] Luo M B, Lu J J, Shen X Q, Wang Y L, Xu Z L, Zhu J X. Impact of huge ocean engineering on distribution characteristics of macrobenthos in waters around Yangshan Islands in Hangzhou Bay. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(1): 97-102.
- [14] Tian S Y, Yu Z S, Liu X S, Zhang Z N, Lin K X, Liu T Z. Abundance/biomass curves for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Science Bulletin*, 2006, 25(1): 92-96.
- [15] Yang W X, Chen Y S. Community ecology of intertidal zone of Shengsi archipelago I. Species constitution and seasonal variation of benthic biocommunity in rocky intertidal zone. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, 7(3): 305-309.
- [16] Yang W X, Chen Y S. Community ecology of intertidal zone of Shengsi archipelago II. Community structure of benthic invertebrates in rocky

- intertidal zone. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(1): 75-78.
- [17] Yang W X, Chen Y S. Community ecology of intertidal zone of Shengsi Islands III. species distribution of benthos in rocky intertidal zone. Donghai Marine Science, 1999, 17(1): 60-65.
- [18] Yang W X. Studies on Ecology of Rocky Intertidal Zone Along Shengsi Island. Hangzhou: Hangzhou University, 1994.
- [19] Wang B Q, Tian H, Xue J Z, Liu Y, Wu H X. Annual variation of water environment at the sea area of Yangshan Deep-water Port. Shanghai Environmental Sciences, 2011, 30(2): 18-22.
- [20] Wang B Q, Tian H, Wu H X, Xue J Z. An analysis on morphological plasticity of *Fistulobalanus albicostatus* to the environment at Yangshan Port. Shanghai Environmental Sciences, 2011, 30(1): 18-22.
- [21] Liu R Y, Ren X Q. Fauna Sinica, Invertebrata Vol 42, Crustacea, Cirripedia, Thoracica. Beijing: Science Press, 2007.
- [22] Huang Z G, Li C Y, Zhang L X, Li F R. Studies on the ecology of fouling and boring organisms in ZhouShan Waters, China. Acta Oceanologica Sinica, 1979, 1(2): 299-310.

参考文献:

- [1] 彭欣, 谢起浪, 陈少波, 黄晓林, 仇建标, 仲伟, 关万春. 乐清湾潮间带大型底栖动物群落分布格局及其对人类活动的响应. 生态学报, 2011, 31(4): 954-963.
- [2] 黄雅琴, 李荣冠, 王建军, 郑成兴, 郑凤武, 林俊辉, 江锦祥, 李淑珠. 湄洲湾潮间带底栖生物多样性. 生物多样性, 2010, 18(2): 161-167.
- [3] 候森林, 余晓韵, 鲁长虎. 盐城自然保护区射阳河口潮间带大型底栖动物空间分布与季节变化. 生态学杂志, 2011, 30(2): 297-303.
- [5] 鲍毅新, 胡知渊, 李欢欢, 葛宝明, 程宏毅. 灵昆东滩围垦区内外大型底栖动物季节变化和功能群的比较. 动物学报, 2008, 54(3): 416-427.
- [9] 龙华, 余骏, 周燕. 大型底栖动物污染指数在乐清湾潮间带环境质量评价中的应用. 海洋学研究, 2008, 26(4): 97-104.
- [12] 鲍毅新, 葛宝明, 郑祥, 程宏毅. 温州湾天河滩涂大型底栖动物群落分布与季节变化. 动物学报, 2006, 52(1): 45-52.
- [13] 罗民波, 陆健健, 沈新强, 王云龙, 徐兆礼, 朱江兴. 大型海洋工程对洋山岛周围海域大型底栖动物生态分布的影响. 农业环境科学学报, 2007, 26(1): 97-102.
- [14] 田胜艳, 于子山, 刘晓收, 张志南, 林岩璇, 刘廷志. 丰度/生物量比较曲线法监测大型底栖动物群落受污染扰动的研究. 海洋通报, 2006, 25(1): 92-96.
- [15] 杨万喜, 陈永寿. 嵊泗列岛潮间带群落生态学研究 I. 岩相潮间带底栖生物群落组成及季节变化. 应用生态学报, 1996, 7(3): 305-309.
- [16] 杨万喜, 陈永寿. 嵊泗列岛潮间带群落生态学研究 II. 岩相潮间带底栖动物的群落结构. 应用生态学报, 1998, 9(1): 75-78.
- [17] 杨万喜, 陈永寿. 嵊泗列岛潮间带群落生态学研究 III. 岩相潮间带底栖生物的种类分布. 东海海洋, 1999, 17(1): 60-65.
- [18] 杨万喜. 嵊泗列岛岩相潮间带生态学研究. 杭州: 杭州大学, 1994.
- [19] 王宝强, 田华, 薛俊增, 刘艳, 吴惠仙. 洋山深水港海域水环境的周年变化. 上海环境科学, 2011, 30(2): 18-22.
- [20] 王宝强, 田华, 吴惠仙, 薛俊增. 白脊管藤壶对洋山港码头生态环境的形态适应分析. 上海环境科学, 2011, 30(1): 18-22.
- [21] 刘瑞玉, 任先秋. 中国动物志无脊椎动物第四十二卷甲壳动物亚门蔓足下纲围胸总目. 北京: 科学出版社, 2007.
- [22] 黄宗国, 李传燕, 张良兴, 李福荣. 舟山海区附着生物与钻孔生物生态研究. 海洋学报, 1979, 1(2): 299-310.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 20 October ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)

Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)

Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) using landscape genetics XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)

Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)

Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)

Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)

Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security; a case study of Jiansanjiang land reclamation area LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)

Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)

Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)

Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)

Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)

Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts LAN Wenlu (5970)

Response of radial growth Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)

Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)

Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute WANG Yating, FAN Lianlian (5992)

Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant *Thuja sutchuenensis* LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)

Effects of shading on growth and quality of triennial *Clematis manshurica* Rupr. HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)

Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)

Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)

Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of *Stipa* L. in alpine grassland in northern Tibet in China CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)

Water consumption and annual variation of transpiration in mature *Acacia mangium* Plantation ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)

Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, *Vitex negundo* var. *heterophylla*, to different light environments in the field DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land; determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu; a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth(Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks; the case of Huaibei City	CHANG Hsiaoifei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent; a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model; a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China
Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China

广告经营
许 可 证 京海工商广字第 8013 号



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元