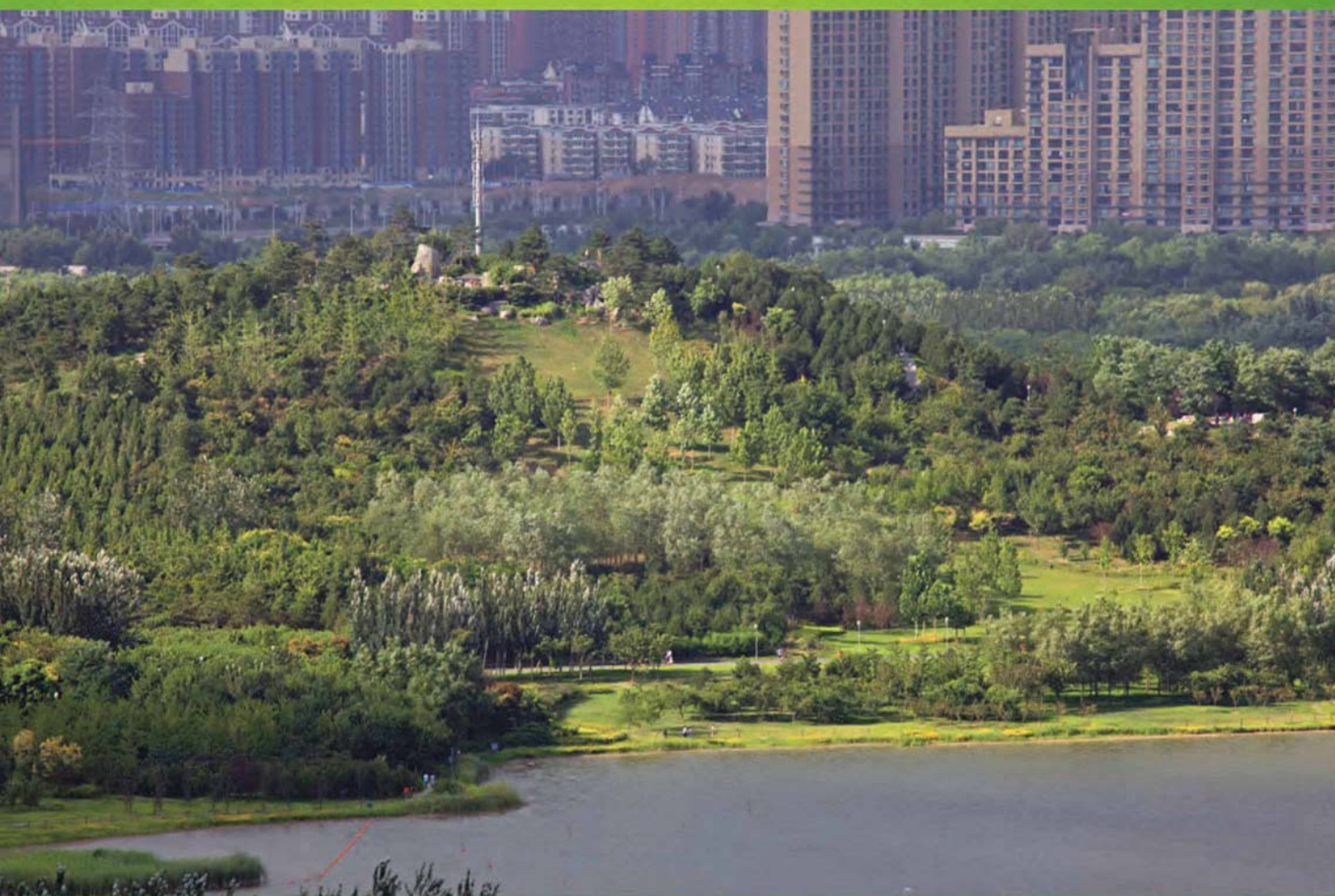


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第1期 Vol.34 No.1 **2014**

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 34 卷 第 1 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目次

卷首语: 复杂与永续..... (I)

前沿理论与学科综述

城市复合生态及生态空间管理 王如松, 李 锋, 韩宝龙, 等 (1)

海洋生态系统固碳能力估算方法研究进展 石洪华, 王晓丽, 郑 伟, 等 (12)

城市生态系统灵敏度模型评述 姚 亮, 王如松, 尹 科, 等 (23)

城市生活垃圾代谢的研究进展..... 周传斌, 徐琬莹, 曹爱新 (33)

个体与基础生态

胶州湾生物-物理耦合模型参数灵敏度分析 石洪华, 沈程程, 李 芬, 等 (41)

渤海湾大型底栖动物调查及与环境因子的相关性 周 然, 覃雪波, 彭士涛, 等 (50)

生物扰动对沉积物中污染物环境行为的影响研究进展 覃雪波, 孙红文, 彭士涛, 等 (59)

种群、群落和生态系统

密云水库上游流域生态系统服务功能空间特征及其与居民福祉的关系 ... 王大尚, 李屹峰, 郑 华, 等 (70)

长岛自然保护区生态系统维护的条件价值评估 郑 伟, 沈程程, 乔明阳, 等 (82)

海岛陆地生态系统固碳估算方法 王晓丽, 王 媛, 石洪华, 等 (88)

景观、区域和全球生态

区域生态文明建设水平综合评估指标 刘某承, 苏 宁, 伦 飞, 等 (97)

基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价 杨建强, 朱永贵, 宋文鹏, 等 (105)

1985 年以来黄河三角洲孤东海岸演变与生态损益分析 刘大海, 陈小英, 徐 伟, 等 (115)

基于复合生态系统理论的海洋生态监控区区划指标框架研究 徐惠民, 丁德文, 石洪华, 等 (122)

我国环境功能评价与区划方案 王金南, 许开鹏, 迟妍妍, 等 (129)

资源与产业生态

生态产业园的复合生态效率及评价指标体系 刘晶茹, 吕 彬, 张 娜, 等 (136)

我国农业生态效率的时空差异..... 程翠云, 任景明, 王如松 (142)

内蒙古半干旱生态脆弱矿区生态修复耦合机理与产业模式 陈玉碧, 黄锦楼, 徐华清, 等 (149)

基于物质流分析方法的生态海岛建设研究——以长海县为例 陈东景, 郑 伟, 郭惠丽, 等 (154)

再生(污)水灌溉生态风险与可持续利用 陈卫平, 吕斯丹, 张炜铃, 等 (163)

基于流域单元的海湾农业非点源污染负荷估算——以莱州湾为例..... 麻德明, 石洪华, 丰爱平 (173)

集约用海对海洋生态环境影响的评价方法 罗先香,朱永贵,张龙军,等 (182)

城乡与社会生态

基于生态系统服务的城市生态基础设施:现状、问题与展望..... 李 锋,王如松,赵 丹 (190)

北京城区道路系统路网空间特征及其与 LST 和 NDVI 的相关性 郭 振,胡 聃,李元征,等 (201)

基于复合生态功能的城市土地共轭生态管理 尹 科,王如松,姚 亮,等 (210)

重庆市森林生态系统服务功能价值评估 肖 强,肖 洋,欧阳志云,等 (216)

渤海湾港口生态风险评估 彭士涛,覃雪波,周 然,等 (224)

达标污水离岸排海末端处置技术研究综述 彭士涛,王心海 (231)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 238 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 28 * 2014-01



封面图说: 北京奥林匹克公园——在高楼林立的大城市中,办公楼、居民区、学校、路网系统、公园以及各种水泥、沥青硬路面和树木、绿草地、土面、水面等等组成了复杂多样的城市生态景观,居住着密集的人口并由于人们不断的、强烈的干预,使这个城市生态系统显得尤其复杂而又多变。因此,系统复杂性及灵敏度是困扰城市生态系统研究和管理的重要因素,建立灵敏度模型是致力于解决城市规划管理中的复杂性问题的有效方法,网状思维与生物控制论观是其核心,也是灵敏度模型的思想基础。图为北京中轴线北端被高楼簇拥着的奥林匹克公园的仰山和龙型水系。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201304280850

杨建强, 朱永贵, 宋文鹏, 张娟, 张龙军, 罗先香. 基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价. 生态学报, 2014, 34(1): 105-114.

Yang J Q, Zhu Y G, Song W P, Zhang J, Zhang L J, Luo X X. The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(1): 105-114.

基于生境质量和生态响应的莱州湾 生态环境质量评价

杨建强^{1,2}, 朱永贵³, 宋文鹏^{1,2}, 张娟³, 张龙军³, 罗先香^{3,*}

(1. 国家海洋局北海分局, 青岛 266033; 2. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室, 青岛 266033;

3. 海洋环境与生态教育部重点实验室, 中国海洋大学, 青岛 266100)

摘要: 莱州湾沿岸海域未来 10a 是山东省集约用海规划的重要区域。为了降低和减少用海工程对海洋生态系统可能产生的不利影响, 确定集约用海适宜规模和科学选址, 应用已构建的集约用海对海洋生态影响评价指标体系和方法, 从生境质量和生态响应两方面对莱州湾 2004 年至 2012 年的生态环境质量状况进行了评价。结果表明: 位于莱州湾西部和南部近岸海域的 I 区和 IV 区生态环境质量达到“差”的等级, 生境质量总体上处于轻度到中度污染水平, 水质和生物质量污染较严重, 生态受到中度到严重扰动, 其中浮游植物和浮游动物密度偏离标准值较大, 大型底栖生物密度和生物量总体偏离标准值不大, 但其物种组成已发生了明显变化, 鱼卵和仔鱼数量急剧下降。在这两个区域要严格控制集约用海工程规模和新的污染排放, 密切关注其对海洋生态的影响。位于莱州湾中部和东部的 II 区和 III 区生态环境质量接近“一般”等级, 生境质量总体上处于轻度污染水平, 水质受到一定程度污染, 生态处于中度扰动状况。总体上, 2011 年和 2012 年莱州湾生态环境质量综合指数 E 值明显高于其他年份, 生态环境有明显好转趋势。

关键词: 莱州湾; 生境质量; 生态响应; 生态环境质量评价

The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay

YANG Jianqiang^{1,2}, ZHU Yonggui³, SONG Wenpeng^{1,2}, ZHANG Juan³, ZHANG Longjun³, LUO Xianxiang^{3,*}

1 North China Sea Branch of the State Oceanic Administration, Qingdao 266033, China

2 Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecology and Environment & Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao 266033, China

3 Key Laboratory of Marine Environmental Science and Ecology, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

Abstract: In the coming decade, Laizhou Bay coastal areas will be the important areas of the intensive sea-use in Shandong Province. In order to reduce and minimize the possible adverse impacts imposed by marine engineerings on the marine ecosystems and to determine the appropriate scales and sites of the intensive sea-use projects, the eco-environmental quality from 2004 to 2012 is evaluated based on habitat quality and ecological response using the constructed index system and method of marine ecological impact assessment in the present study. The result showed that the eco-environmental quality of the region I and IV in the western and southern offshore areas of Laizhou Bay was poor. Habitat Quality Composite Index (HQI) evaluation suggested that these two regions were generally in mild to moderate pollution level, and the water quality and marine biological quality were more seriously polluted. It is clear that the inorganic nitrogen and oils greatly impacted on water quality, while the heavy metals and petroleum hydrocarbons greatly impacted on the biological quality, which were

基金项目: 海洋公益性行业科研专项资助项目 (201005009)

收稿日期: 2013-04-28; 修订日期: 2013-09-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lxx81875@ouc.edu.cn

analyzed using the single-factor contribution rate of the water quality comprehensive index. The results of Ecological Response Composite Index (ERI) evaluation indicated that the ecology of the two regions were moderately or severely disturbed, and the density value of the phytoplankton and zooplankton greatly deviated from the standard value, while the biological density and the biomass of the macrobenthos less deviated from the standard value. However, the species composition has been significantly changed, and the number of the fish eggs and prelarva has drastically declined. The main reason for poor eco-environmental quality in I and IV regions is the Yellow River and the Xiaoqing River, which are the primary pollution source of Laizhou Bay. The estuaries of these two rivers are located in Region I, and much freshwater input resulted in the settlement and retention of various pollutants carried in runoff in western coast of Laizhou Bay. Region IV, located in the south of Laizhou Bay, is the estuary of the Mi River, Yu River and Wei River, and is impacted by the southwest Xiaoqing River estuary by the a alongshore current. Additionally, the two regions were also affected by the coastal agricultural non-point source and the pollutant emissions of the aquaculture. Therefore, it is necessary to strictly control the scale of the intensive sea-use projects and the new pollutant emissions in Region I and IV in Laizhou Bay, and to pay close attention to their impact on the marine environment. The eco-environmental quality of Region II and III, located in the central and east of Laizhou Bay respectively, was close to the normal level. The habitat quality was at the light pollution level in general, the water was polluted to some extent, and the ecology was moderately disturbed. Overall, the eco-environmental comprehensive index value (E) of Laizhou Bay from 2011 to 2012, was obviously higher than those of other years, and the ecological environment was likely to obviously improve.

Key Words: Laizhou Bay; habitat quality; ecological response; eco-environment quality evaluation

莱州湾位于渤海南部,山东半岛北部,为渤海最大的半封闭性海湾。湾内水深较浅,是黄、渤海三大海洋生物的产卵场和索饵场之一,为我国重要的渔业资源利用和养护区,以梭子蟹生产和对虾养殖极其著名,沿岸有黄河、小清河和潍河等 10 余条河流入海。自 20 世纪 90 年代以来,入海河流和沿岸养殖等带来的陆源性污染已对莱州湾生态环境造成严重负面影响,海水污染加重^[1-2],渔业资源和产卵场均遭到不同程度的破坏^[3-5]。为了寻求海洋开发与生态保护的协调和平衡,山东省明确提出了集约用海的海洋开发模式,到 2020 年,莱州湾将建成莱州海洋新能源产业聚集区、潍坊滨海新城和东营滨海新城 3 个 50 km² 以上的大型集约用海区^[6]。集约用海是科学开发和高效利用海洋资源的战略举措,但也不可避免会对海洋生态环境造成一定的负面效应,为了降低和减少其不利影响,需要对集约用海区的海洋生态环境状况进行科学评估。本文应用构建的集约用海对海洋生态影响评价指标体系和方法对莱州湾 2004 年至 2012 年的生态环境质量现状进行了评价,以期为莱州湾沿海区域集约用海的规模确定和科学选址服务。

1 材料和方法

样品、数据资料来自国家海洋局北海环境监测中心及沿岸地市海洋监测站的现场监测,站位分布如图 1。依据历史文献中莱州湾污染物空间分布特点^[7-10]及张雪^[2]等对研究区的划分,下面的讨论分 4 个区域进行(图 1):区域 I (118°45'—119°20', 37°15'—37°50') 主要为莱州湾西部黄河和小清河入海海域,区域 II (119°20'—119°40', 37°15'—37°50') 为莱州湾中部海域,区域 III (119°40'—120°, 37°15'—37°50') 为莱州湾东部海域,区域 IV (118°45'—120°, 37°15'—37°50') 为莱州湾南部海域。

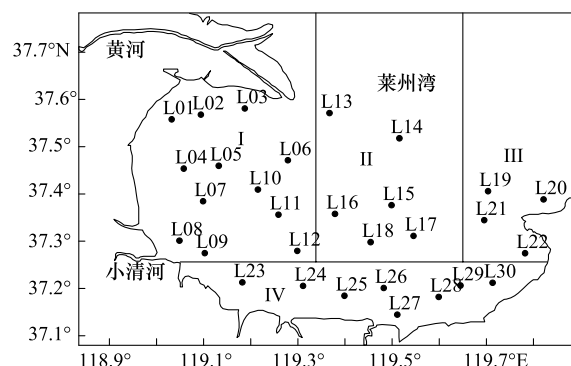


图 1 莱州湾采样站位

Fig.1 The location of sampling in Laizhou Bay

37°—37°15′)为虞河、潍河等河流入海的莱州湾南岸海域^[2]。

本文从海洋生态系统的生境质量和生态响应两个方面对莱州湾生态环境质量现状进行评价。“生境质量”包括海洋生物栖息的水环境、沉积环境和典型物种的生物质量 3 个二级指标,每个指标下又包括具体反映环境质量的各环境因子。本文水质评价因子包括:pH、DO、COD、无机氮、磷酸盐和油类;沉积物质量评价因子包括:有机碳、硫化物和重金属(Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、As、Hg);生物质量评价因子包括:重金属(Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、As、Hg)和石油烃。水、沉积物和生物质量分析样品的采集、保存和分析均按中华人民共和国《海洋监测规范》第 3、4、5 和 6 部分进行^[11]。生态响应包括生物群落结构特征、生态敏感区结构和功能两类二级指标。其中,海洋生物群落结构指标包括:浮游植物密度、浮游动物密度和生物量、大型底栖生物密度和生物量、鱼卵及仔鱼种类和密度;生态敏感区结构、功能指标包括叶绿素 a(初级生产力)和生态敏感性指数。海洋生物监测

样品的采集、保存和分析均按中华人民共和国《海洋监测规范》第 7 部分进行^[11]。

评价标准按照海水水质^[12]、沉积物质量^[13]和海洋生物质量^[14]国家标准,生物群落结构特征按照近岸海洋生态健康评价指南^[15]中相应的标准进行。评价方法采用单因子污染指数 I_{ij} 和综合指数法。生态环境质量状况用生态环境综合指数 E_j 表示,计算公式如下:

$$E_j = 0.25 \times HQI_j + 0.75 \times ERI_j \quad (1)$$

式中, E_j 为 j 站位的生态环境综合指数; HQI_j 为 j 站位生境质量评价指数; ERI_j 为 j 站位生态响应评价指数。

2 结果和讨论

2.1 莱州湾生境质量评价

莱州湾 2004 年至 2012 年水环境质量综合指数 WQI 和沉积物质量综合指数 SQI 变化趋势和特征如图 2 所示。

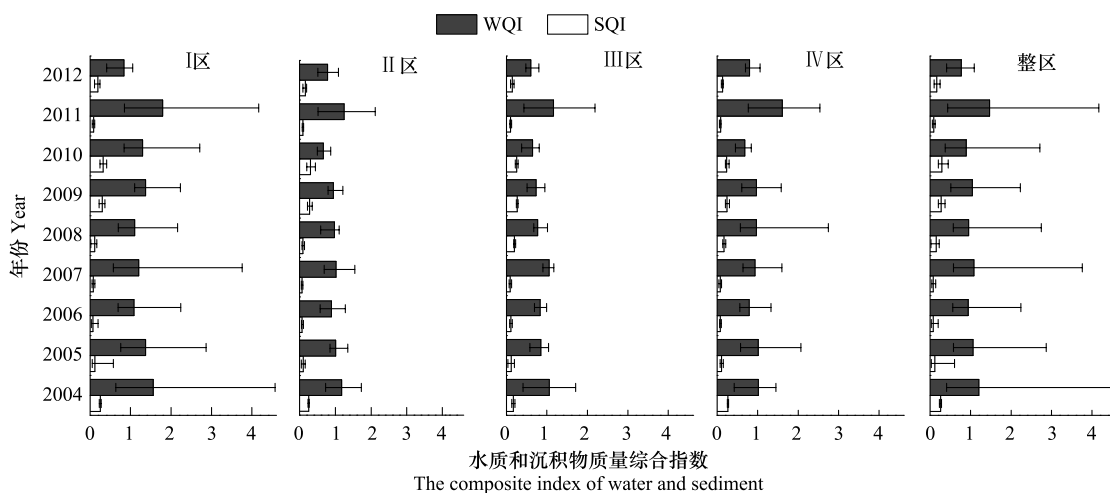


图 2 2004—2012 年莱州湾水质和沉积物质量综合指数变化特征(误差线表示综合指数的变化范围)

Fig.2 The variation of water and sediment quality index of Laizhou Bay from 2004 to 2012 (Error bars represent the range of variation of the composite index)

2004—2012 年莱州湾海洋水环境综合指数 WQI 的平均值为 1.05(0.37—4.57),总体接近中度污染水平。区域 I 的 WQI 平均值为 1.29,明显大于其它 3 个区域,处于中度污染水平,其它 3 个区域处于轻度污染水平。由于近年来黄河和小清河径流携带入海的污染物增加^[16],导致区域 I 的污染明显较重,在河口附近形成污染物高值区。通过分析水质综合指数的单因子贡献率显示,莱州湾海域 2004 年至 2012

年对水质影响最大的是无机氮和油类,其含量见图 3。无机氮对水环境污染贡献率最大,达到 45.2%,除了 2006、2009 和 2010 年 8 月外,其余年份无机氮含量均超过了海水水质四类标准,处于严重污染的状态;2004—2012 年,总共有 35%的站位油类污染物含量超过了海水水质一类标准,对水质综合指数的贡献率在个别年份达到了 20%以上。

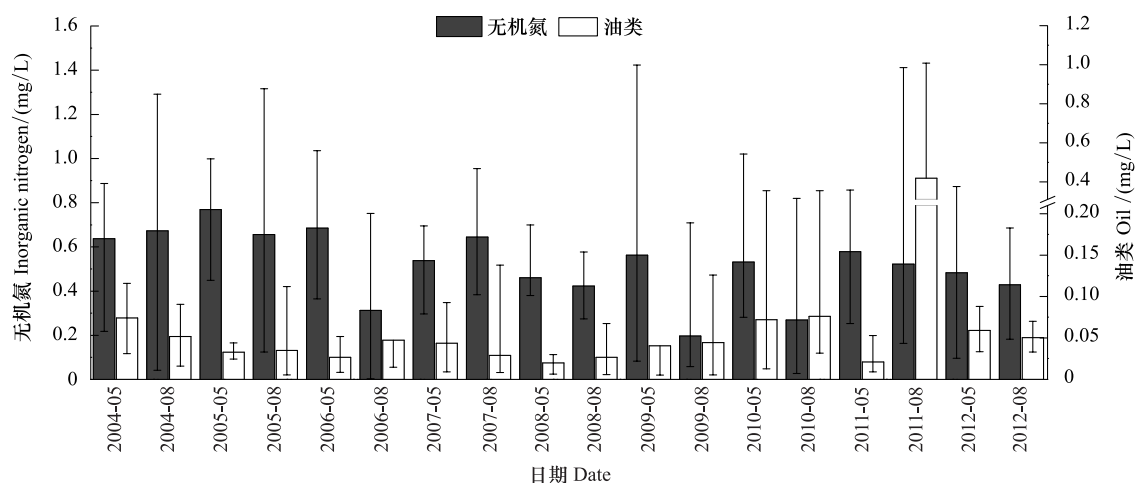


图3 2004—2012年莱州湾水质主要污染物含量变化(误差线表示污染物含量变化范围)

Fig.3 The variation of major pollutants in water in Laizhou Bay, 2004 to 2012 (Error bars represent the range of pollutant content)

2004—2012年莱州湾4个区域的沉积物质量综合指数SQI平均值均小于0.75,处于清洁水平,沉积环境质量空间差异较小。2004—2012年沉积物中有机碳含量的平均值为0.31%,硫化物含量的平均值为34.46mg/kg,均低于海洋沉积物质量一类标准;沉

积物重金属除了个别年份个别站点As和Cd含量超过海洋沉积物一类标准外,总体上重金属含量均低于海洋沉积物质量一类标准,如图4。莱州湾海域表层沉积物质量总体上良好,与一些学者的研究结果基本一致^[17]。

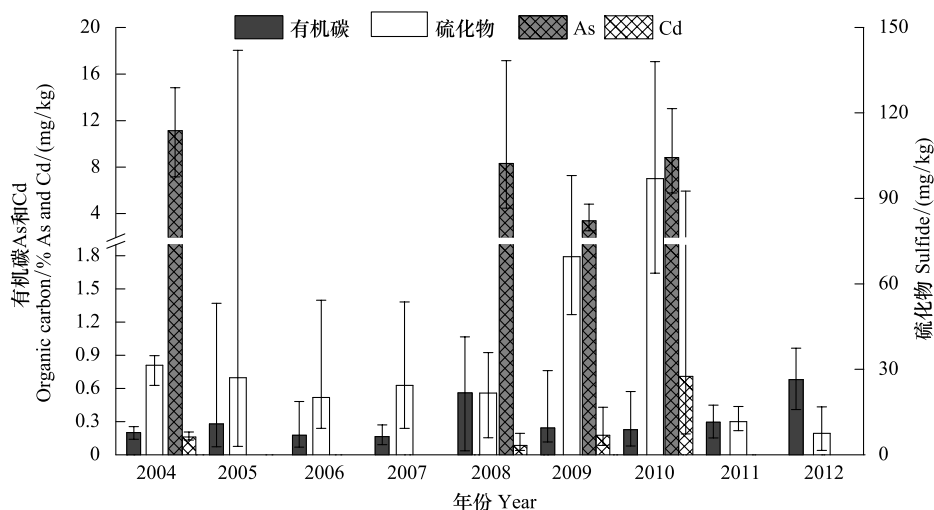


图4 2004—2012年莱州湾沉积物中主要污染物含量变化(误差线表示污染物含量范围)

Fig.4 The variation of major pollutants in sediment content in Laizhou Bay, 2004 to 2012 (Error bars represent the range of pollutant content)

莱州湾生物质量综合指数BQI平均值为2.45,变化范围为1.48—3.62,均远远超过了1.25的严重污染的等级(图5),以2004—2008年各调查航次均采集到的四角蛤为例(图6),重金属和石油烃含量均超过了海洋生物质量一类标准,生物质量评价结果与其他学者所得结果相同^[18]。

莱州湾海域生境质量综合指数(HQI)如图7所示,研究区生境质量总体上处于轻度到中度污染水

平。I区HQI平均值为47.22(43.75—56.25),处于中度污染水平。黄河和小清河的入海口都位于这一区域,其年径流量占整个沿岸河流入海径流量的98%以上,是莱州湾最主要的污染源,且污染物在河口不易扩散形成污染高值区^[2,16]。位于莱州湾中部、东部及南部的II—IV区域,生境质量综合指数平均值分别为53.47(43.75—62.5)、56.25(50—62.5)和54.17(43.75—62.5),均属于轻度污染水平。

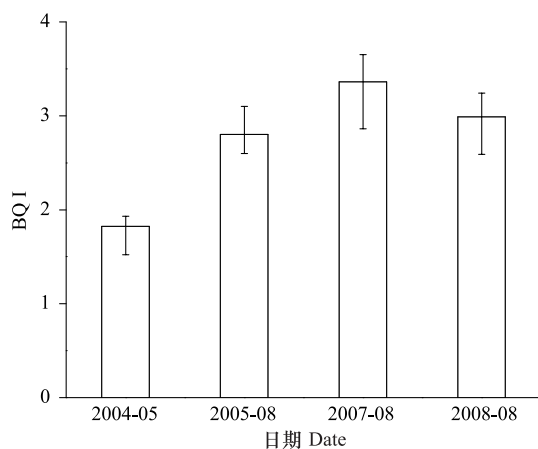


图5 莱州湾生物质量综合指数 BQI 的变化特征(误差线表示量值范围)

Fig.5 The variation of composite index (BQI) of Laizhou Bay (Error bars represent the range of BQI)

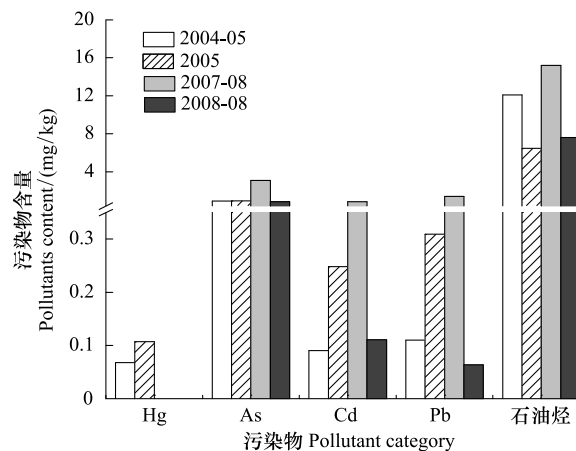


图6 莱州湾四角蛤体内污染物含量

Fig.6 The levels of pollutants in *Mactra Veneriformis*

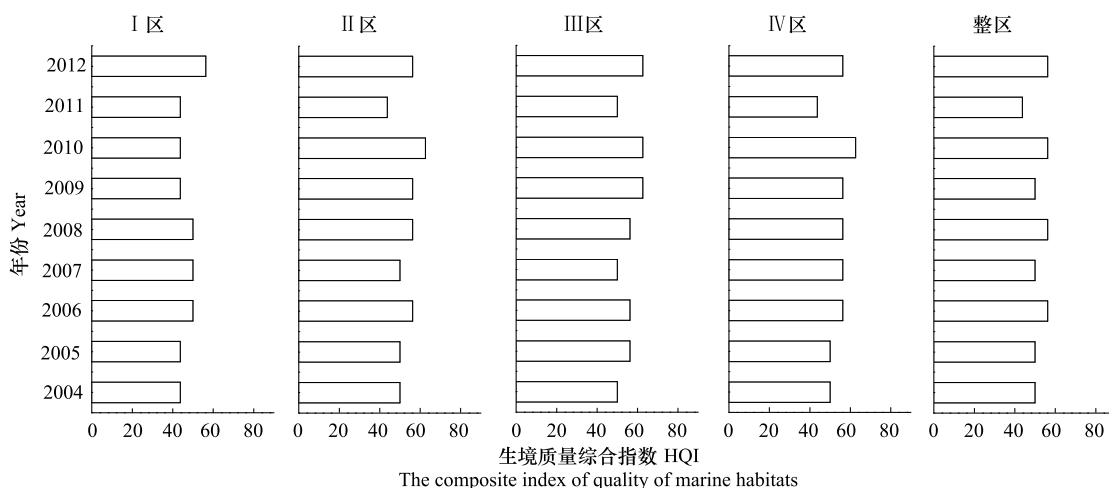


图7 2004—2012 年莱州湾不同区域海洋生境质量综合指数 HQI

Fig.7 Composite index of the quality of marine habitats (HQI) in Laizhou Bay from 2004 to 2012 in different regions

2.2 莱州湾生态响应评价

莱州湾海域浮游植物、浮游动物和大型底栖生物密度和生物量如图8所示。2004年至2012年监测到的浮游植物物种数在28—95种之间,其中硅藻种类最多,占浮游植物种类组成的77%左右,浮游植物细胞数5月份的含量在 0.037×10^5 — 300.8×10^5 个/ m^3 ,平均含量为 51.82×10^5 个/ m^3 ;8月浮游植物细胞数含量在 0.354×10^5 — 410.1×10^5 个/ m^3 ,平均含量为 124.48×10^5 个/ m^3 。春夏两季大部分站位的值远高于“近岸海洋生态健康评价指南”中莱州湾推荐标准值,且不同站位间波动范围较大。

2004年至2012年监测到浮游动物物种数在18—40种之间,浮游动物湿重生物量变化范围在

2.36— 1759 mg/m^3 之间,平均为 386 mg/m^3 ,春季的高值区位于莱州湾中部海域,夏季高值区多位于西部海域;浮游动物密度变化范围在 0.076×10^3 — 10.29×10^3 个/ m^3 之间,平均为 4.09×10^2 个/ m^3 ,其密度和生物量指标均偏离“近岸海洋生态健康评价指南”中莱州湾推荐标准值较大。

莱州湾2004至2012年监测到大型底栖生物物种数在102—132种之间,底栖动物密度变化范围为24— 1752 个/ m^2 之间,平均为662个/ m^2 ,小清河口等近岸海域生物密度明显高于远岸海域;底栖生物量变化范围为0.008— 68.35 g/m^2 ,平均为 24.30 g/m^2 ,软体动物生物量占底栖生物总生物量的绝对优势。大型底栖生物密度和生物量总体偏离“近岸海

洋生态健康评价指南”中莱州湾推荐标准值不大,但底栖生物的物种组成已发生了变化,例如,在污染严

重的小清河口底栖生物以多毛类占显著优势,已经表现出明显的污染特征^[19]。

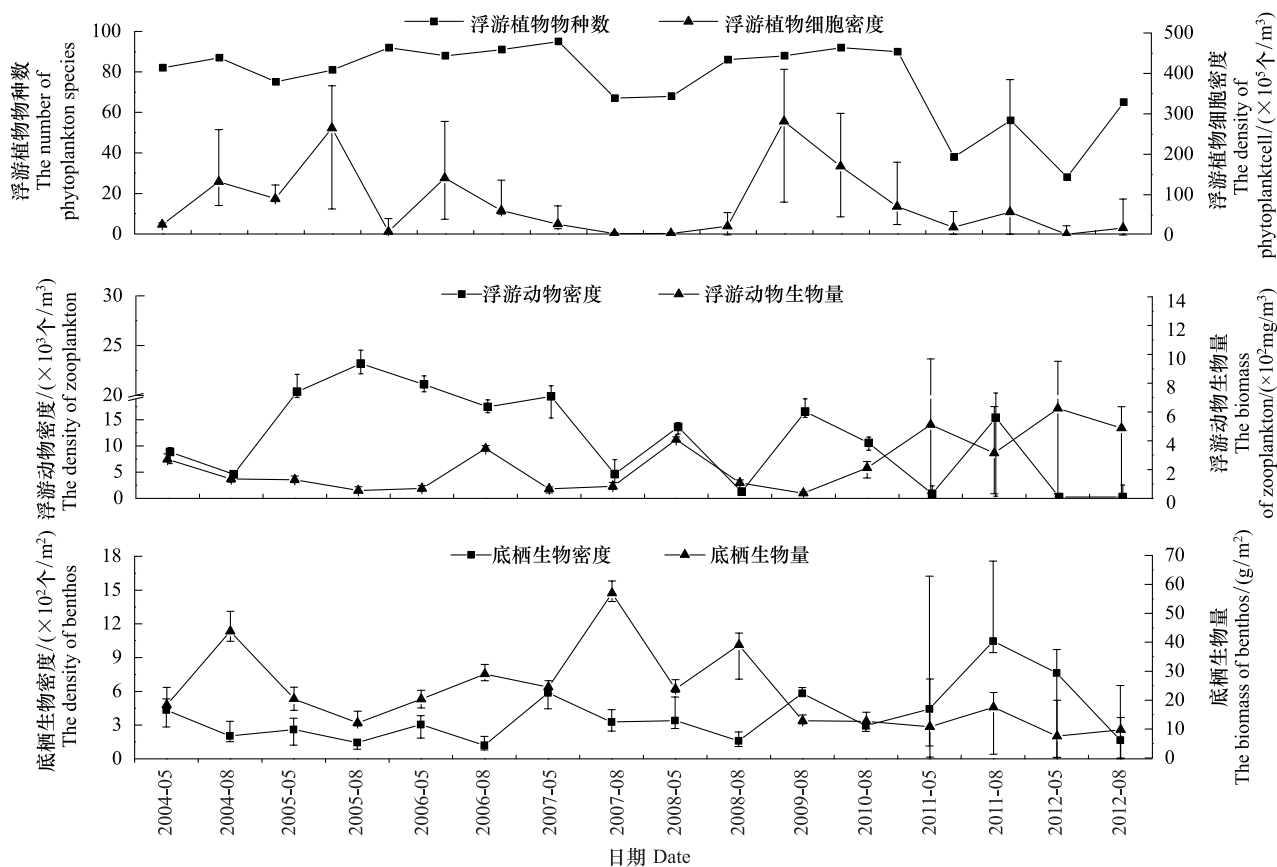


图8 莱州湾生物群落变化趋势及结构特征(误差线表示量值范围)

Fig.8 The trends and structural characteristics of biological community in Laizhou Bay (Error bars represent the value range)

2004年至2012年5月,在莱州湾海域仅个别站位采集到极少量鱼卵和仔鱼(图9),鱼卵种类最多仅为16种,其密度远少于5个/ m^3 ,仔鱼的种类和密度更低,且集中分布在莱州湾东南部海域,在河口附

近的站位没有出现鱼卵仔鱼。王爱勇等的研究也表明自1982年至2008年莱州湾的鱼卵、仔鱼种类大幅减少,个体资源数量也下降趋势明显^[5]。因此,在鱼卵仔鱼指标评价时,指数值给予最低的赋值。

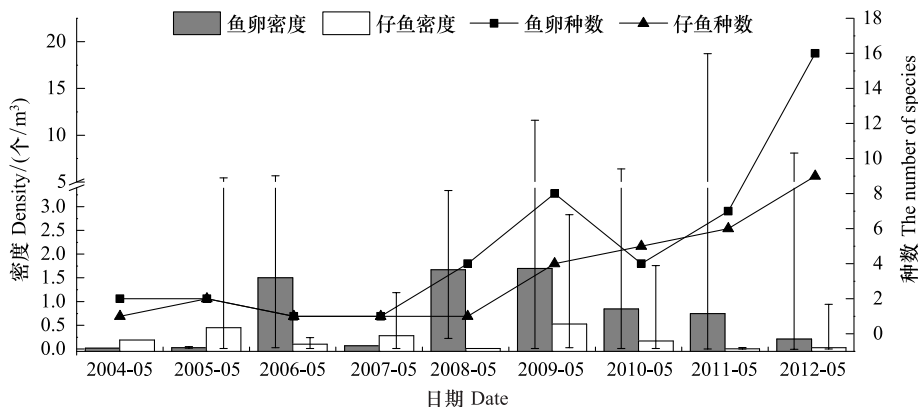


图9 莱州湾鱼卵仔鱼的变化趋势

Fig.9 The trend of fish roe and larvae in Laizhou Bay

莱州湾叶绿素 a 含量分布特征如图 10 所示, 2004 年至 2012 年叶绿素 a 浓度平均值的变化范围为 0.15—21.8 $\mu\text{g/L}$, 2004 年 8 月和 2007 年 8 月个别站位叶绿素 a 浓度出现 35 $\mu\text{g/L}$ 的高值; 在空间上, 小清河口附近海域叶绿素 a 含量普遍高于其他海域。研究区叶绿素 a 浓度总体平均水平与赵骞、费尊乐等的研究结果相近^[20-21]。莱州湾海域初级生产

力平均为 372 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$, 变化范围为 8—1587 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$, 不同站位间差异较大, 沿岸海域相对较高, 初级生产力总体水平与费尊乐等研究结果接近^[22]。莱州湾海域是多种鱼虾繁殖、产卵、索饵洄游的场所, 是我国北方重要的海产品捕捞地, 根据海洋功能区划, 属于生态敏感区, 因此, 本文对莱州湾生态敏感指数的赋值为 13。

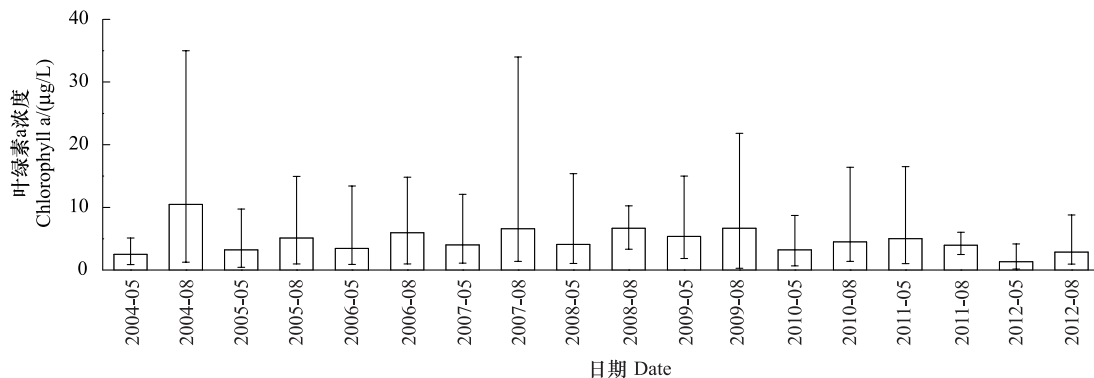


图 10 莱州湾叶绿素 a 变化特征(误差线表示量值范围)

Fig.10 The variation of chlorophyll a in Laizhou Bay (Error bars represent the range of content)

图 11 是莱州湾海洋生态响应综合指数 ERI, 2004 年至 2012 年研究区 ERI 值在 5.89—60.74 之间波动, 平均值为 36.27, ERI 值大多在 50 以下, 海洋生态受到了中度到严重扰动。不同海域 ERI 值差异很大, 受黄河和小清河影响较大的 I 区, 其 ERI 值为 23.22 (4.89—41), 生态受到严重扰动, 南部近岸的 IV 区 ERI 值为 25.86 (6.14—41.2), 生态受到中度至严重扰动, 这两个区域浮游植物和浮游动物偏离标准

值较大, 底栖生物物种数和生物量总体偏离标准值不大, 但底栖生物的物种组成已发生了明显变化。位于莱州湾中部和东部的 II 区和 III 区的 ERI 值分别为 49.50 (29.44—60.74) 和 46.52 (31.22—57.15), 生态受到轻度至中度扰动。4 个区域生态响应评价结果与生境质量评价结果是一致的, 生境质量较差的 I 区, 其生态受到的扰动最严重。

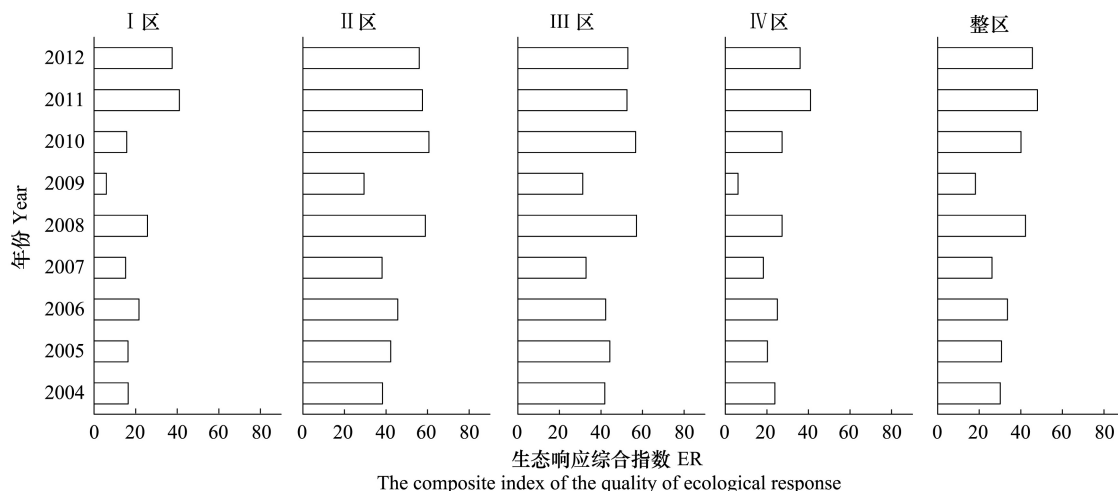


图 11 莱州湾海洋生态响应综合指数 ERI

Fig.11 Composite index of the quality of ecological response (ERI) in Laizhou Bay

2.3 莱州湾生态环境质量综合评价

根据莱州湾海洋生境质量状况和生态响应评价结果得到了 2004 年至 2012 年研究区生态环境质量综合指数 E, 其变化特征如图 12 所示, E 值在 15.36—61.18 之间波动, 平均值为 39.26, 显示莱州湾生态环境质量总体上处于“差”的水平, 但 2011 年和 2012 年研究区 E 值明显高于其他年份, 生态环境有明显好转趋势。I—IV 区域生态环境综合指数 E 值分别为 28.08、48.96、48.38 和 32.30, 均处于“差”的水平, 区域 II 和区域 III 的生态环境综合指数明显高于 I 区和 IV 区的, 前两个区域接近“一般”水平, 后

两个接近“很差”水平, 这表明莱州湾西南海域受河口和近岸的影响严重。黄河和小清河的人海口位于 I 区域, 较多的淡水输入导致径流携带的各种污染物在莱州湾西部海域沉降并滞留, IV 区域位于莱州湾南部, 不仅有弥河、虞河、潍河等多条河流入海, 而且在沿岸流的作用下也会受到西南部小清河口的影响, 这两个区域也会受到沿岸农业非点源和水产养殖污染物排放的影响, 导致这两个区域生态环境质量较差。因此, 在该区域要控制集约用海工程规模, 严格控制新的污染排放, 密切关注其对海洋生态的影响。

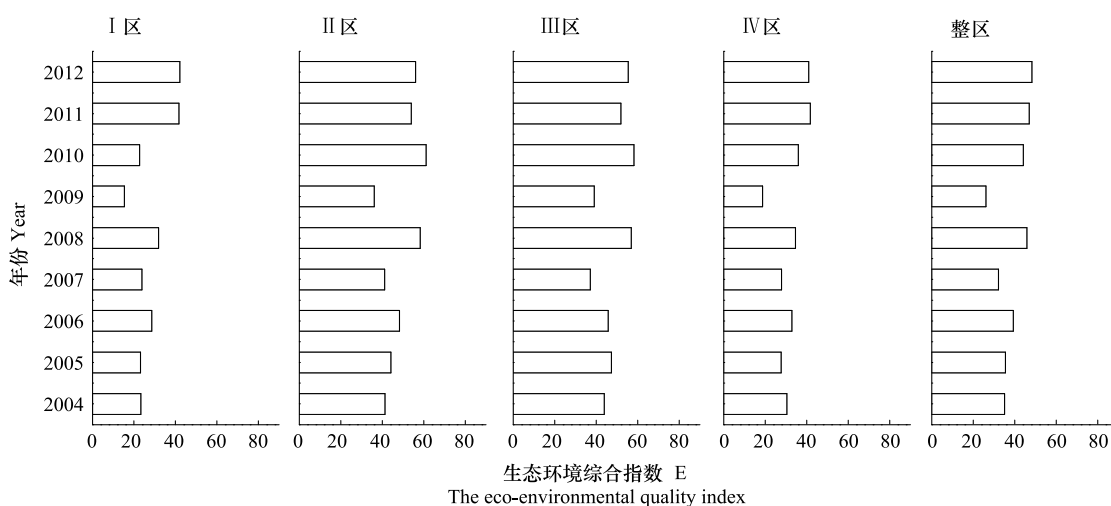


图 12 莱州湾生态环境质量综合指数变化特征

Fig.12 The variation of eco-environmental quality index (E) in Laizhou Bay

3 结论

(1) 莱州湾生境质量评价结果表明, 2004 年至 2012 年研究区生境质量总体处于轻度到中度污染水平, 位于黄河和小清河入海口的 I 区域生境质量达到中度污染水平, 其它 3 个区域生境质量为轻度污染水平。水质和生物质量污染较严重, 沉积环境质量较好。

(2) 莱州湾生态响应评价结果表明, 受黄河和小清河影响较大的 I 区域, 生态受到严重扰动, 莱州湾南部近岸的 IV 区生态受到中度至严重扰动, 其中浮游植物和浮游动物偏离标准值较大, 底栖生物物种数和生物量总体偏离标准值不大, 但底栖生物的物种组成已发生了明显变化, 鱼卵和仔鱼种类、数量极低; 莱州湾中部和东部的 II 区和 III 区的生态处于中度扰动状况。

(3) 莱州湾生态环境质量综合评价结果表明, 位于莱州湾西部 I 区和南部近岸的 IV 区生态环境质量达到“差”的水平, 莱州湾中部和东部的 II 区和 III 区生态环境质量接近“一般”水平。2011 年和 2012 年莱州湾海域生态环境质量状况出现好转趋势。

References:

- [1] Guo J, Xie Q, Chen Z B. Remote sensing information extraction of the Laizhou Bay environment pollution. *Marine Sciences*, 2012, 36(2): 119-128.
- [2] Zhang X, Zhang L J, Hou Z L, Liao W. Spatio-Temporal Variability of Principal Pollutants in Laizhou Bay from 1980 to 2008. *Periodical of Ocean University of China*, 2012, 42(11): 91-98.
- [3] Cui Y, Ma S S, Li Y P, Xing H Y, Wang M S, Xin F Y, Chen J F, Sun Y. Pollution situation in the Laizhou Bay and its effects on fishery resources. *Marine Fisheries Research*, 2003, 24(1): 35-41.

- [4] Jin X S, Deng J Y. Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay. *Chinese Biodiversity*, 2000, 8(1): 65-72.
- [5] Wang A Y, Wang R J, Jin X S. Decadal variations of ichthyoplankton biodiversity in spring in Laizhou Bay of the Bohai Sea. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(1): 19-24.
- [6] Shandong Peninsula Blue Economic Zone Development Planning. Shandong province people's government, 2011. The Government Work Report (Full text). Beijing: National Development and Reform Commission, 2011. <http://news.sdchina.com/show/1713960.html>.
- [7] Tong J A. The Main Source and Distribution Characteristics of Pollutants in Laizhou Bay. *Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas*, 1994, 12(4): 16-20.
- [8] Gao H W, Wu D X, Bai J, Shi J H, Li Z Y, Jiang W S. Distributions of Environmental Parameters in Laizhou Bay in Summer, 2000. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2003, 33(3): 185-191.
- [9] Li G L, Cui Y, Chen B J, Chen J F, Song Y L, Guo F. Status and evaluation on nutrients in Laizhou Bay in Autumn. *Marine Environmental Science*, 2007, 26(1): 45-48.
- [10] Xia B, Zhang X L, Cui Y, Chen B J, Chen J F, Guo F, Zhang Y, Huang C L. Evaluation of the physicochemical environment and nutrition status in Laizhou Bay and adjacent waters in summer. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(3): 103-111.
- [11] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB 17378—2007 The specification for marine monitoring. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [12] National Environmental Protection Agency. GB 3097—1997 Marine water quality standards. Beijing: Standards Press of China, 1997.
- [13] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 18668—2002 Marine sediment quality. Beijing: Standards Press of China, 2002.
- [14] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 18421—2001 The quality of marine life. Beijing: Standards Press of China, 2001.
- [15] State Oceanic Administration. HY/T087—2005 Guidelines for nearshore marine ecosystem health evaluation. State Oceanic Administration, 2005.
- [16] Ma S S, Xin F Y, Cui Y, Qiao X Y. Assessment of main pollution matter volume into the sea from Yellow River and Xiaoqing River. *Marine Fisheries Research*, 2004, 25(5): 47-51.
- [17] Luo X X, Zhang R, Yang J Q, Liu R H, Tang W, Yan Q. Distribution and pollution assessment of heavy metals in surface sediment in Laizhou Bay. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(2): 262-269.
- [18] Liu W X, Qiu W X, Chen J L. Distribution Characteristics of Trace Pollutants in Benthic Mussels from the Coastal Areas of Bohai Sea and North Yellow Sea. *Environmental Science*, 2011, 32(2): 445-451.
- [19] Zhang S S. The Establishment of Evaluation Index System Based on the Macrobenthos in the Sediment Environment of Xiaoqing River Estuary[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2011.
- [20] Zhao Q, Tian J W, Zhao S L, Wu Z K. Winter and summer chlorophyll a and nutrient distribution and characteristics in the Bohai Sea. *Marine Sciences*, 2004, 28(4): 34-39.
- [21] Fei Z L, Mao X H, Zhu M Y, Li B, Li B H, Guan Y H, Zhang X S, Lv R H. The study of primary productivity in the Bohai Sea: Chlorophyll a, Primary productivity and potential fisheries resources. *Marine Fisheries Research*, 1991, 12: 55-69.
- [22] Fei Z L, Mao X H, Zhu M Y, Li B, Li B H, Guan Y H, Zhang X S, Lv R H. The study of primary productivity in the Bohai Sea II: Primary productivity and its estimates of potential catches. *Acta Oceanologica Sinica*, 1988, 10(4): 481-489.
- 参考文献:**
- [1] 过杰, 谢强, 陈忠彪. 莱州湾环境污染遥感信息提取试验. *海洋科学*, 2012, 36(2): 119-128.
- [2] 张雪, 张龙军, 侯中里, 廖巍. 1980—2008 年莱州湾主要污染物的时空变化. *中国海洋大学学报*, 2012, 42(11): 91-98.
- [3] 崔毅, 马绍赛, 李云平, 邢红艳, 王梅胜, 幸福言, 陈聚法, 孙耀. 莱州湾污染及其对渔业资源的影响. *海洋水产研究*, 2003, 24(1): 35-41.
- [4] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化. *生物多样性*, 2000, 8(1): 65-72.
- [5] 王爱勇, 万瑞景, 金显仕. 渤海莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的年代际变化. *渔业科学进展*, 2010, 31(1): 19-24.
- [6] 山东半岛蓝色经济区发展规划// 山东省人民政府, 2011 年. 政府工作报告(全文). 北京: 国家发展和改革委员会, 2011. <http://news.sdchina.com/show/1713960.html>.
- [7] 童钧安. 莱州湾主要污染物来源及分布特征. *黄渤海海洋*, 1994, 12(4): 16-20.
- [8] 高会旺, 吴德星, 白洁, 石金辉, 李正炎, 江文胜. 2000 年夏季莱州湾生态环境要素的分布特征. *青岛海洋大学学报*, 2003, 33(2): 185-191.
- [9] 李广楼, 崔毅, 陈碧鹃, 陈聚法, 宋云利, 过锋. 秋季莱州湾及附近水域营养现状与评价. *海洋环境科学*, 2007, 26(1): 45-48.
- [10] 夏斌, 张晓理, 崔毅, 陈碧娟, 陈聚法, 过锋, 张艳, 黄翠玲. 夏季莱州湾及附近水域理化环境及营养现状评价. *渔业科学进展*, 2009, 30(3): 103-111.
- [11] 中国国家质量监督检验检疫总局. 中国国家标准化管理委员

- 会. GB 17378—2007 海洋监测规范. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [12] 国家环境保护局. GB 3097—1997 海水水质标准. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [13] 中国国家质量监督检验检疫总局. GB 18668—2002 海洋沉积物质量. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [14] 中国国家质量监督检验检疫总局. GB 18421—2001 海洋生物质量. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [15] 国家海洋局. HY/T 087—2005 近岸海洋生态健康评价指. 北京: 国家海洋局, 2005.
- [16] 马绍赛, 辛福言, 崔毅, 乔向英. 黄河和小清河主要污染物入海量的估算. 海洋水产研究, 2004, 25(5): 47-51.
- [17] 罗先香, 张蕊, 杨建强, 刘汝海, 唐伟, 闫琴. 莱州湾表层沉积物重金属分布特征及污染评价. 生态环境学报, 2010, 19(2): 262-269.
- [18] 刘文新, 邱炜珣, 陈江麟. 近年渤海与黄海北部沿岸底栖贝类体内微污染物的分布特征. 环境科学, 2011, 32(2): 445-451.
- [19] 张珊珊. 基于大型底栖动物的小清河口沉积环境评价指标体系建立[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [20] 赵骞, 田纪伟, 赵仕兰, 吴自库. 渤海冬夏季营养盐和叶绿素 a 的分布特征. 海洋科学, 2004, 28(4): 34-39.
- [21] 费尊乐, 毛兴华, 朱明远, 李冰, 李宝华, 管永红, 张新胜, 吕瑞华. 渤海生产力研究: 叶绿素 a、初级生产力与渔业资源开发潜力. 海洋水产研究, 1991, 12: 55-69.
- [22] 费尊乐, 毛兴华, 朱明远, 李冰, 李宝华, 管永红, 张新胜, 吕瑞华. 渤海生产力研究——II 初级生产力及其潜在渔获量的估算. 海洋学报, 1988, 10(4): 481-489.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.1 Jan., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Foreword: Complexity and Sustainability	(I)
Frontiers and Comprehensive Review	
Urban eco-complex and eco-space management	WANG Rusong, LI Feng, HAN Baolong, et al (1)
Review of carbon sequestration assessment method in the marine ecosystem	SHI Honghua, WANG Xiaoli, ZHENG Wei, et al (12)
A review of sensitivity model for urban ecosystems	YAO Liang, WANG Rusong, YIN Ke, et al (23)
Urban ecological metabolism of municipal solid waste: a review	ZHOU Chuanbin, XU Wanying, CAO Aixin (33)
Autecology & Fundamentals	
Parameter sensitivity analysis of a coupled biological-physical model in Jiaozhou Bay	SHI Honghua, SHEN Chengcheng, LI Fen, et al (41)
Macroinvertebrate investigation and their relation to environmental factors in Bohai Bay	ZHOU Ran, QIN Xuebo, PENG Shitao, et al (50)
Review of the impacts of bioturbation on the environmental behavior of contaminant in sediment	QIN Xuebo, SUN Hongwen, PENG Shitao, et al (59)
Population, Community and Ecosystem	
Ecosystem services' spatial characteristics and their relationships with residents' well-being in Miyun Reservoir watershed	WANG Dashang, LI Yifeng, ZHENG Hua, et al (70)
Contingent valuation of preserving ecosystem of Changdao Island Nature Reserve	ZHENG Wei, SHEN Chengcheng, QIAO Mingyang, et al (82)
Discussion of carbon sequestration estimates in the island terrestrial ecosystems	WANG Xiaoli, WANG Ai, SHI Honghua, et al (88)
Landscape, Regional and Global Ecology	
An integrated indicator on regional ecological civilization construction	LIU Moucheng, SU Ning, LUN Fei, et al (97)
The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay	YANG Jianqiang, ZHU Yonggui, SONG Wenpeng, et al (105)
Analysis of the evolution and value of coastal ecosystem services at Gudong Coast in the Yellow River Delta since 1985	LIU Dahai, CHEN Xiaoying, XU Wei, et al (115)
Research of index system framework in marine ecology monitoring & regulation areas division based on complex ecosystem of nature-human-society	XU Huimin, DING Dewen, SHI Honghua, et al (122)
The environmental function assessment and zoning scheme in China	WANG Jinnan, XU Kaipeng, CHI Yanyan, et al (129)
Resource and Industrial Ecology	
Definition and evaluation indicators of ecological industrial park's complex eco-efficiency	LIU Jingru, LÜ Bin, ZHANG Na, et al (136)
Spatial-temporal distribution of agricultural eco-efficiency in China	CHENG Cuiyun, REN Jingming, WANG Rusong (142)
The coupling mechanism and industrialization mode of ecological restoration in the weak semi arid mining area of Inner Mongolia	CHEN Yubi, HUANG Jinlou, XU Huaqing, et al (149)
Evaluation of ecological marine islands construction based on material flow analysis: a case study of Changhai County	CHEN Dongjing, ZHENG Wei, GUO Huili, et al (154)
Ecological risks and sustainable utilization of reclaimed water and wastewater irrigation	CHEN Weiping, LÜ Sidan, ZHANG Weiling, et al (163)

Estimation of agricultural non-point source pollution based on watershed unit: a case study of Laizhou Bay	
.....	MA Deming, SHI Honghua, FENG Aiping (173)
The evaluation method in the impact of intensive sea use on the marine ecological environment	
.....	LUO Xianxiang, ZHU Yonggui, ZHANG Longjun, et al (182)
Urban, Rural and Social Ecology	
Urban ecological infrastructure based on ecosystem services;status,problems and perspectives	
.....	LI Feng, WANG Rusong, ZHAO Dan (190)
Spatial features of road network in Beijing built up area and its relations with LST and NDVI	
.....	GUO Zhen,HU Dan,LI Yuanzheng,et al (201)
The conjugate ecological management model for urban land administration based on the land complex ecological function	
.....	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (210)
Value assessment of the function of the forest ecosystem services in Chongqing	
.....	XIAO Qiang, XIAO Yang,OUYANG Zhiyun, et al (216)
Ecological risk evaluation of port in Bohai Bay	PENG Shitao, QIN Xuebo, ZHOU Ran, et al (224)
Research review of the tail disposal technology of the standard sewage offshore outfall	PENG Shitao,WANG Xinhai (231)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 34 卷 第 1 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 1 (January, 2014)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 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	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	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	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 90.00 元