

莱州人工鱼礁海域水质状况的变化特征

张艳¹ 陈聚法¹ 过锋^{1*} 王军² 李娇¹ 袁伟¹ 谢寒冰³

(¹ 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(² 大连海洋大学, 110623)

(³ 青岛市菜篮子商品质量监督检测中心, 266071)

摘要 根据2010~2011年莱州人工鱼礁海域春、夏、秋、冬4个季节共8个航次的化学需氧量(COD)、无机氮(DIN)、活性磷酸盐(DIP)、总氮(TN)、总磷(TP)、有机碳(TOC)等要素的分析结果,运用N/P比值、有机污染指数A和富营养化指数E等方法,对投放人工鱼礁海域不同年份水体的质量状况进行了评价,分析了该海域水环境在人工鱼礁投放后的变化。结果表明,投礁区第2年DIN含量明显降低,而DIP含量略有上升,使得海区中的DIN/DIP值降低,由89.60降低到44.54。2011年和2010年投礁区DIN/DIP有显著性差异($P < 0.05$),而对照区无显著性差异($P > 0.05$),表明人工鱼礁对水体有改善作用;营养化指数E分析表明,调查海域水质未达到富营养化状态,处于较低营养水平,且2010年与2011年、礁区和对照区E值的平均值均相差不大,营养状况无明显差异;调查海域有机污染指数A小于0或小于1,且投礁区和对照区无明显差异,2010年与2011年也无明显差异,表明该海域未受到有机污染,水质状况良好或较好。

关键词 人工鱼礁 水质 变化 莱州

中图分类号 X52 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)05-0001-07

Variation of seawater quality at the artificial reef area in Laizhou Bay

ZHANG Yan¹ CHEN Ju-fa¹ GUO Feng^{1*} WANG Jun²
LI Jiao¹ YUAN Wei¹ XIE Han-bing³

(¹ Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(² Dalian Ocean University, 110623)

(³ Qingdao Quality Supervision and Inspection Center for Shopping Basket Commodity, 266071)

ABSTRACT Samples were collected in four seasons at the artificial reef area in Laizhou Bay in 2010~2011. Chemical oxygen demand (COD), dissolved inorganic nitrogen (DIN), dissolved active phosphate (DIP), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), and total organic carbon (TOC) were measured. Indices including the ratio of N/P, organic pollution index A and nutrition index E were used to evaluate the quality of water in different years. The results showed that the content of DIN was significantly reduced in the second year, the content of DIP increased slightly, thus the N/P value decreased from 89.60 to 44.54 due to the changes of DIN

国家公益性行业(农业)科研专项(201003068;200903005)和中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(2010-chb-01)共同资助

* 通讯作者。E-mail: guofeng@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836341

收稿日期: 2013-01-14; 接受日期: 2013-02-02

作者简介: 张艳(1977-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事海洋微生物学研究。E-mail: yanzhang@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836341

and DIP. The results of T-test showed that there was a significant difference of DIN/DIP value in the artificial reef area between 2011 and 2010 ($P < 0.05$); However, there was no significant difference in control area ($P > 0.05$). From these results, we conclude that the artificial reefs can improve the quality of seawater. The results of nutrition index E indicated that the nutrition level of the seawater was relatively low, and there was no significant difference in the artificial reef area and control area in 2010 and 2011; The investigation results showed that the organic pollution index A was less than 0 or 1, and there was no significant difference in the artificial reef area and control area in 2010 and 2011. All these results indicated that the surveyed area was not polluted by organic material, and the quality of water was in good condition.

KEY WORDS Artificial reef Seawater Variation Laizhou Bay

人工鱼礁是人为在海中设置构造物,从而改善海域生态环境,营造海洋生物栖息的良好环境,为鱼类等提供繁殖、生长、索饵和庇敌的场所,达到保护、增殖和提高渔获量的目的。目前,美国、日本等都是人工鱼礁建设发达的国家(于沛民等 2006),我国人工鱼礁建设仍处于起步阶段,但人们已认识到其中广泛的社会价值和巨大的经济价值,具有非常广阔的应用前景(张怀慧等 2001)。

莱州人工鱼礁投放海域位于三山岛附近的莱州金城海域,通过调查发现,该海域整体营养水平较低,渔业资源量也较低(夏斌等 2009;王广成等 2008)。因此,计划在此处投放人工鱼礁,通过礁体背涡流的扰动与上升流的涌升,使底泥中营养物质得到释放与充分混合,并被带至中上层,从而促进浮游动物、底栖生物与附着生物的生长(陈心等 2006;章守宇等 2011);同时,由于浮游植物吸收氨氮,滤食动物(如贝类)滤食浮游生物,使水质得到了净化,海域生态环境有所改善(李冠成 2007)。

莱州金城投放人工鱼礁海域约 66.67hm^2 ,周边无污染源,自 2009 年 7 月开始投放人工鱼礁。2010 年 4 月投放结束。本研究通过分析莱州金城海域人工鱼礁投放后第 1 年和第 2 年水环境中各要素的变化,以及投礁区和对照区各要素的比较,探讨人工鱼礁对该海域生态环境所产生的影响,为人工鱼礁在海洋渔业中的应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料来源

以莱州金城海域为研究区域,共设置 7 个调查站点(图 1)。其中 R1~R5 为人工鱼礁投放海域站点,C1 和 C2 为对照海域站点。对莱州金城已投礁海域进行 2010 年 5 月~2012 年 3 月春、夏、秋、冬 4 个季节共 8 次调查,调查内容包括水体中的无机氮(DIN)、总氮(TN)、活性磷酸盐(DIP)、总磷(TP)、化学需氧量(COD)、总有机碳(TOC)等指标。

1.2 样品采集及处理方法

站位采用手持式 GPS 定位,水样用 500ml 采样瓶采集后带回实验室测定;COD、DIN、DIP 测定参照《海洋监测规范》GB17378.4-2007;TP 测定参照《海洋调查规范》GB12763.4-2007;TN、TOC 采用 TOC 分析仪进行测定。站位设置见图 1。

1.3 评价方法

1.3.1 采用营养指数(E)法

目前广泛应用于中国近岸海域富营养化现状评价的方法为日本的冈市友利(1972)提出的营养指数(E)法,其计算公式为:

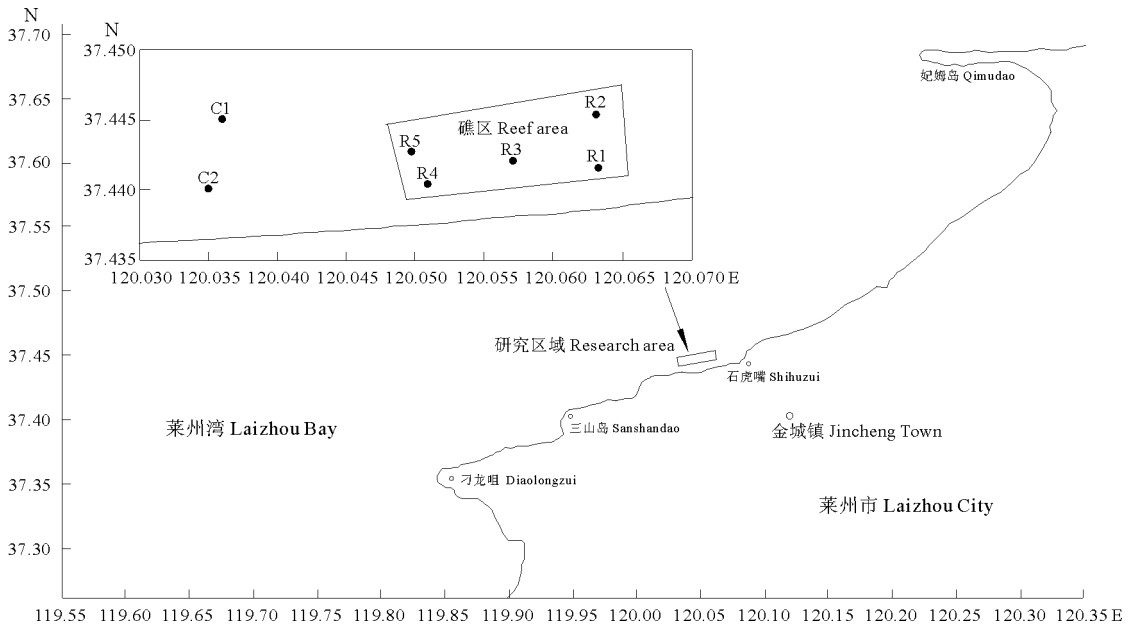


图 1 莱州明波海洋牧场调查站位

Fig. 1 Surveyed sites at Laizhou Mingbo Sea-ranching area

$$E = \frac{IN(\mu\text{g/L}) \times IP(\mu\text{g/L}) \times COD(\text{mg/L})}{4\ 500}$$

式中, E 为营养指数, IN 为无机氮, IP 为无机磷, COD 为化学需氧量。当 $E \leq 1$ 时, 为贫营养; 当 $E > 1$ 时, 为富营养; E 值越高, 富营养化程度越严重。

1.3.2 N/P 比值

N/P(原子比)是衡量氮和磷两元素对水体富营养化的重要性指标, 一般海水中正常 N/P 为 16 : 1 (Redfield *et al.* 1963), 近岸为 (5~8) : 1。浮游植物从海水中摄取的 N/P 也约为 16 : 1, 偏离过高或过低都可能引起浮游植物受到某一相对低含量元素的限制。

1.3.3 有机污染状况分析

采用有机污染综合指数法(国家海洋局 2002)对该海域的污染状况进行评价, 其公式为:

$$A = \frac{COD_i}{COD_s} + \frac{IN_i}{IN_s} + \frac{IP_i}{IP_s} - \frac{DO_i}{DO_s}$$

式中, A 为有机污染指数, COD_i 、 IN_i 、 IP_i 、 DO_i 分别为化学耗氧量、无机氮、无机磷和溶解氧实测值, COD_s 、 IN_s 、 IP_s 、 DO_s 分别为相应要素的《海水水质标准》(GB3097-1997)一类限量数值, 其值依次为 2.0、0.2、0.015、6.0 mg/L, 根据有关规程(国家海洋局 2002)将有机污染评价进行分级(表 1)。

表 1 有机污染评价分级

Table 1 Classification of nutrient levels

A 值	污染程度分级	水质质量评价
A value	Pollution classification	Water quality assessment
< 0	0	良好 Excellent
0~1	1	较好 Good
1~2	2	开始受污染 Pollution started
2~3	3	轻度污染 Slight pollution
3~4	4	中度污染 Medium pollution
4~5	5	严重污染 Serious pollution

2 结果与分析

2.1 水体中各要素含量变化

2.1.1 水体中 COD

投礁第 1 年和第 2 年礁区和对照区 COD 变化表现均为 2011 年 COD 略高于 2010 年, 礁区和对照区无显

著差异($P>0.05$)(图2)。

2.1.2 水体中 TOC

礁区和对照区 TOC 含量 2011 年明显低于 2010 年,而礁区和对照区相比较无显著差异($P>0.05$)(图3)。

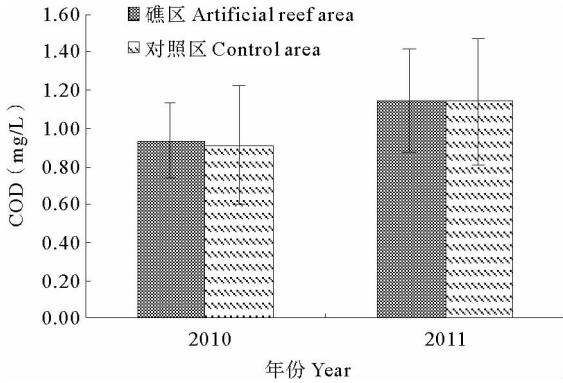


图2 不同年份 COD 含量变化

Fig. 2 The variations of COD concentration in seawater in different years

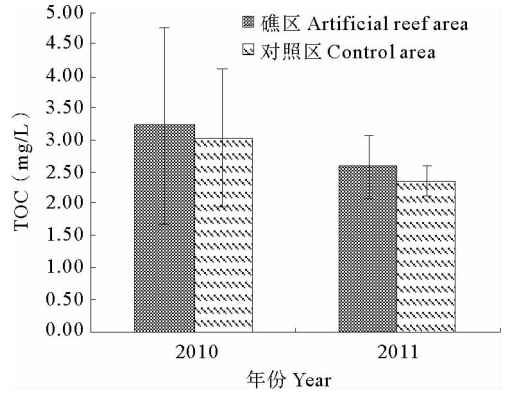


图3 不同年份 TOC 含量变化

Fig. 3 The variations of TOC concentration in seawater in different years

2.1.3 水体中 DIN 和 TN

礁区和对照区 DIN 和 TN 含量均为 2011 年明显低于 2010 年,礁区和对照区相比较无明显差异($P>0.05$)(图4和图5)。

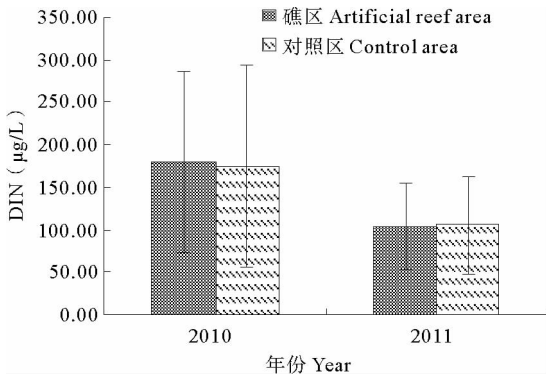


图4 不同年份 DIN 含量变化

Fig. 4 The variations of DIN concentration in seawater in different years

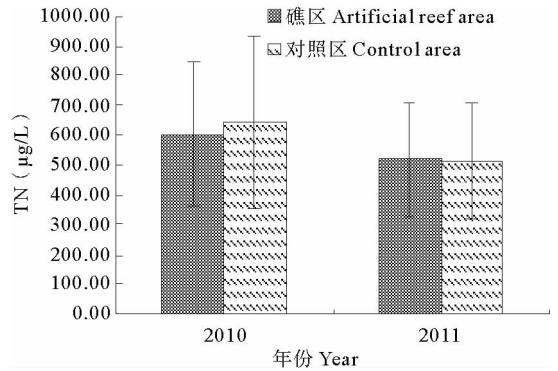


图5 不同年份 TN 含量变化

Fig. 5 The variations of TN concentration in seawater in different years

2.1.4 水体中 DIP 和 TP

礁区 DIP 和 TP 含量均为 2011 年明显高于 2010 年,对照区为 2011 年明显低于 2010 年,礁区和对照区相比较无显著差异($P>0.05$);DIP 和 TP 含量均为 2010 年对照区高于礁区,而 2011 年为礁区高于对照区(图6和图7)。

2.2 水环境质量评价

2.2.1 DIN/DIP

投礁区第2年和第1年相比,DIN 含量明显降低,而 DIP 含量略有上升,使得海区中的 DIN/DIP 平均值降低,平均值由 89.60 降低到 44.54。2011 年和 2010 年各站位 DIN/DIP 值经 T 检验分析, $P<0.05$,有显著

性差异, P 元素缺乏情况有所缓解, 表明人工鱼礁对水体有改善作用, 其中 R3 和 R2 站降低幅度最大, 分别为 68.42% 和 60.20%, R4 站降低幅度最小, 仅为 13.45%; 对照区第 2 年与第 1 年相比, DIN/DIP 值由 85.30 降低到 51.15, C1 和 C2 站降低幅度均小于 R3 和 R2 站, 但高于 R4 站, 各站点 DIN/DIP 值经 T 检验分析, $P > 0.05$, 无显著性差异(图 8)。

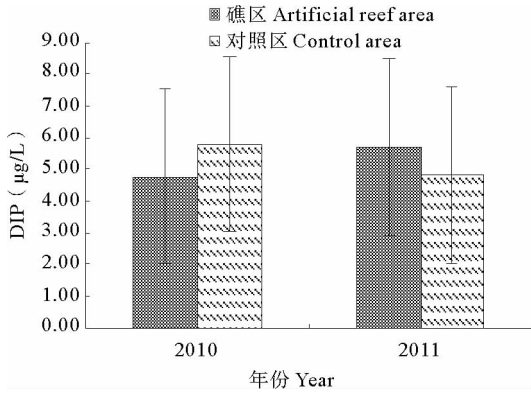


图 6 不同年份 DIP 含量变化

Fig. 6 The variations of DIP concentration in seawater in different years

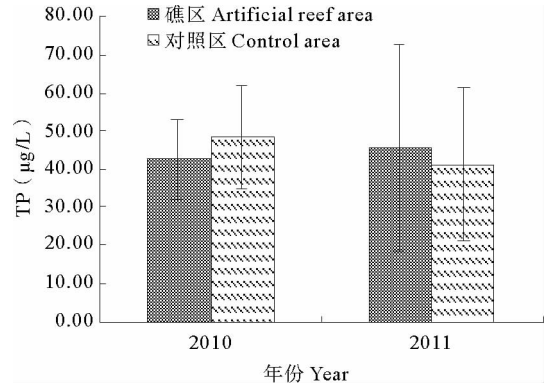


图 7 不同年份 TP 含量变化

Fig. 7 The variations of TP concentration in seawater in different years

2.2.2 营养指数 E 值比较

礁区各站点 E 值变化范围为 0.04~0.48, 2010 年平均值为 0.17, 2011 年平均值为 0.19; 对照区各调查站点 E 值为 0.03~0.46 之间, 2010 年平均值为 0.18, 2011 年平均值为 0.17。礁区和对照区各调查站点的 E 值均小于 1, 表明调查海域水质未达到富营养化状态, 处于较低营养水平, 且 2010 年与 2011 年、礁区和对照区 E 值的平均值均相差不大, 表明营养状况无明显差异(表 2)。

2.2.3 有机污染状况

礁区各站点 A 值变化范围为 -0.37~0.95, 2010 年平均值为 0.27, 2011 年平均值为 0.19; 对照区各调查站点 E 值在 -0.39~0.98, 2010 年平均值为 0.24, 2011 年平均值为 0.13。礁区和对照区均有部分站点的 A 值小于 0, 其余站点 A 值均小于 1, 表明调查海域未受到有机污染, 水质状况良好或较好(表 3)。

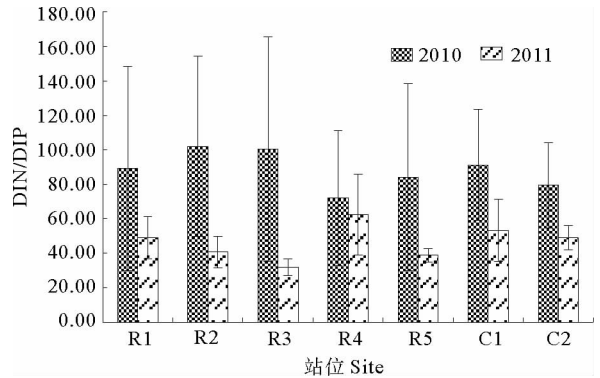


图 8 不同年份 DIN/DIP 变化

Fig. 8 The variations of DIN/DIP in seawater in different years

表 2 人工鱼礁区和对照区各月份营养指数 E 值变化

Table 2 The variation of nutrition index E in seawater of artificial reef area and control area

区域 Area	时间 Time(Y-M)								平均值 Average (2010)	平均值 Average (2011)
	2010-05	2010-07	2010-11	2011-03	2011-05	2011-07	2011-11	2012-03		
礁区 Artificial reef area	0.27±0.08	0.05±0.01	0.16±0.04	0.19±0.07	0.12±0.10	0.12±0.04	0.04±0.01	0.48±0.13	0.17±0.09	0.19±0.20
对照区 Control area	0.37±0.03	0.08±0.04	0.20±0.01	0.08±0.03	0.06±0.03	0.13±0.06	0.03±0.01	0.46±0.02	0.18±0.14	0.17±0.20

表3 人工鱼礁区和对照区各月份有机污染综合指数A值变化

Table 3 The variation of organic pollution index A in seawater of artificial reef area and control area

区域 Area	时间 Time(Y-M)								平均值	平均值
	2010-05	2010-07	2010-11	2011-03	2011-05	2011-07	2011-11	2012-03	Average (2010)	Average (2011)
礁区 Artificial reef area	0.85±0.22	-0.09±0.09	0.11±0.14	0.24±0.35	0.09±0.33	0.26±0.16	-0.26±0.09	0.67±0.18	0.27±0.40	0.19±0.39
对照区 Control area	0.98±0.01	0.01±0.12	0.24±0.07	-0.24±0.09	-0.11±0.13	0.29±0.28	-0.36±0.04	0.68±0.08	0.24±0.38	0.13±0.20

3 讨论

3.1 水体中各要素变化

郝彦菊等(2005)在1989年6、8月和2001年6、9月对莱州湾进行营养盐调查,DIP含量平均值为2.36~15.19 $\mu\text{g/L}$,DIN含量平均值为63.98~122.64 $\mu\text{g/L}$,活性磷酸盐是该海域浮游植物多样性的主要影响因素。本研究的调查结果表明,DIP浓度范围为2.26~11.90 $\mu\text{g/L}$,DIN浓度为40.77~378.45 $\mu\text{g/L}$,该海域属于P限制海域,与之前的调查结果一致。

3.2 人工鱼礁对海洋环境的影响

N/P(原子比)是衡量氮和磷两元素对水体营养盐结构的重要性指标,一般海水中正常N/P为16:1,近岸为(5~8):1。若N/P大于16,代表水体中P缺乏。养殖水体中磷的多寡不会对养殖对象造成直接的影响,但水体中磷缺乏会制约藻类的生长、影响浮游生物的丰度。本研究发现,莱州湾人工鱼礁调查海域的DIN/DIP值为28.78~144.72,磷元素严重缺乏,由于该海域基本无陆地径流入海,因此排除淡水带来大量无机氮这一原因,而磷酸盐的缓冲机制(崔红等 1991)则可能是造成这一现象的重要原因。本研究结果表明,投放人工鱼礁第2年与第1年相比,礁区DIN/DIP平均值由89.60降低到44.54,有显著性差异($P<0.05$),而对照区DIN/DIP平均值由85.30降低到51.15,无显著性差异($P>0.05$),说明人工鱼礁投放后,缓解了水体中P元素的缺乏,该海域的水质状况有了很大的改善。

富营养化水平反映的是海水营养盐的实际情况,由于营养指数法仅从海水中营养盐的情况来考虑,没有反映浮游植物等生物的活动状况,而营养盐的实际水平取决于营养盐补充和生物活动彼此之间的消长和平衡(张传松等 2007)。在本项目的调查中,2010年5月初和2011年3月E值最高,说明这两个月水体中的富营养化程度要高于其他几个月,而这可能是由于这两个月的浮游植物尚未开始大量繁殖,故富营养化指数较高。另外,调查海域2010年与2011年、礁区和对照区E值的平均值均相差不大,表明营养状况无明显差异,这可能由于调查海域站点布设距离较近、水体交换迅速,因而水体中营养状况基本一致。

通过有机污染指数A分析可得出,礁区和对照区2011年水质状况均好于2010年,而礁区的A值要高于对照区,表明礁区有机物含量要高于对照区,这可能与人工鱼礁能够使水体产生上升流,从而携带底层水体中有机物上升有关。有机碎屑可以充当底栖生物的饵料,同时底栖生物在调节泥水界面的物质交换、促进水体的自净化中起着重要作用(高爱根等 2003;杨进等 2011),并且底栖生物自身又是其他经济动物的食物,其生产量与渔业产量密切相关,底栖生物资源量的分布常是衡量海区渔业资源状况的最基本要素。因此,人工鱼礁的投放既净化了水质,又增加了海区的渔业资源量,可作为渔业可持续发展的一种新型生产模式。

参 考 文 献

- 王广成,王 权. 2008. 渤海莱州湾渔业资源综合修复初探. 齐鲁渔业,25(10):43-44
- 刘惠非. 1980. 环境. 水产土木,17(1): 55-58
- 李冠成. 2007. 人工鱼礁对渔业资源和海洋生态环境的影响及相关技术研究. 海洋学研究,3:95-104
- 张怀慧,孙 龙. 2001. 利用人工鱼礁工程增殖海洋水产资源的研究. 资源科学,23(5):6-10
- 张传松,王修林,石晓勇,唐洪杰,韩秀荣,辛 宇. 2007. 东海赤潮高发区营养盐时空分布特征及其与赤潮的关系. 环境科学,28(11): 2416-2424
- 陈 心,冯全英,邓中日. 2006. 人工鱼礁建设现状及发展对策研究. 海南大学学报(自然科学版),24(1):83-89
- 杨 进,李纯厚,贾晓平,陈丕茂,戴 明,廖秀丽,杜飞雁. 2011. 大亚湾杨梅坑人工鱼礁区生态系统健康评价. 生态科学,4:399-445
- 国家海洋局. 2002. 海水增养殖区监测技术规程
- 郝彦菊,王宗灵,朱明远,李瑞香,孙丕喜,夏 滨,陈力群. 2005. 莱州湾营养盐与浮游植物多样性调查与评价研究. 海洋科学进展,23(2):197-204
- 高爱根,杨俊毅,陈全霞,胡锡钢,董永庭,胡月妹. 2003. 达山岛、平岛、车牛山岛邻近海域大型底栖生物分布特征. 海洋学报,25(6): 135-138
- 夏 斌,张晓理,崔 毅,陈碧鹃,陈聚法,过 锋,张 艳,黄翠玲. 2009. 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,30(3):103-111
- 崔 红,孙秉一. 1991. 河口区水体中磷酸盐的缓冲机制. 海洋湖沼通报,(1): 79-86
- 章守宇,张焕君,焦俊鹏,李曰嵩,朱孔文. 2006. 海州湾人工鱼礁海域生态环境的变化. 水产学报,30(4): 475-480
- 冈市友利. 1972. 浅海的污染与赤潮发生-内湾赤潮的发生机制. 日本水产资源保护协会, 58-72
- Redfield AC, Ketchum BH, Recharls FA. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. Edited by Hill MN. The Sea 2: 26-77

《渔业科学进展》编辑部网上投稿启事

为充分利用网络资源,提高编辑办公和期刊出版效率,《渔业科学进展》编辑部已采用期刊网络化办公系统。该系统使投稿、审稿和编辑工作都在同一个网络平台上完成,可大大节省通讯时间,并规范编辑工作流程。同时,网络投稿将以更加友好的界面服务于广大作者,方便作者与编审之间的沟通,为您提供易查、易用、更加方便快捷的服务。

敬请作者访问黄海水产研究所网站(<http://www.yxfri.ac.cn>)的“《渔业科学进展》期刊网上投稿系统”。投稿程序请参看《渔业科学进展》网络化稿件处理系统投稿指南。

如有疑问,请致电 0532-85833580 陈严老师或 0532-85800117 王建坤老师咨询。也可发邮件到《渔业科学进展》编辑部咨询,E-mail: chenyan@ysfri.ac.cn。

《渔业科学进展》编辑部

2013年10月20日