

文章编号: 1674 - 5566(2012)05 - 0825 - 06

象山港网箱养殖对水域环境的影响

韩芳^{1,2}, 霍元子^{1,2}, 杜霞¹, 朱莹^{1,2}, 柴召阳^{1,2}, 韩渭^{1,2}, 张建恒^{1,2},
何培民^{1,2}

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 海洋科学研究院, 上海 201306)

摘要: 根据2010年全年共6个航次对象山港网箱养殖区水域环境的监测结果, 分析讨论了网箱养殖区 DO、pH 和营养盐的含量变化特征, 并采用营养状态指数法和有机物评价指数法对该海域水质状况进行了评价。结果表明: DO 和 pH 均符合《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定的养殖海水 II 类水标准; 养殖区 DIN 全年含量变化范围分别为 0.726 ~ 1.133 mg/L, 其中 NO₃-N 占无机氮的 74.83%, 是象山港网箱养殖区 DIN 的主要存在形式; DIP 和 SiO₃-Si 全年含量变化范围分别为 0.043 ~ 0.082 mg/L 和 0.794 ~ 1.357 mg/L。DIN、DIP 年均含量均超出《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定的养殖海水 II 类水标准。调查网箱区 N/P 平均值为 34.02, 可见养殖水体呈现氮过剩状态。根据营养状态指数 (*E*) 和有机物评价指数 (*A*) 的评价显示, 水体呈严重富营养化状态, 且有机物污染严重。

研究亮点: 选取象山港典型网箱养殖水域作为调查对象, 共为 6 个航次, 历时一年, 对该网箱养殖水域无机营养盐 (N、P、Si) 含量水平进行跟踪调查, 分析了该调查水域营养盐分布状况及特点, 并对该水域水体富营养化状态进行了评价。
关键词: 象山港; 鱼类网箱养殖; 富营养化; 营养盐
中图分类号: Q 143; X 834
文献标志码: A

网箱养殖作为海水增养殖的重要方式之一, 以高密度、高产量和低成本等优势, 在沿海地区得到迅速发展, 为我国海水养殖业发展做出了重大贡献^[1]。然而, 随着养殖规模的扩大和养殖强度的增加, 其负面效应也日益显著, 国内外很多学者就此展开了相关研究, 包括网箱养殖活动对养殖海域水环境、沉积环境的影响^[2-5]。结果表明, 网箱养殖加速了养殖水域的有机物污染和富营养化进程^[6-7], 养殖水域生物量和生境减少^[8-9]。养殖海域生态环境逐步恶化, 鱼病以及赤潮等现象频频发生, 严重制约网箱养殖业可持续发展^[10-13]。

浙江象山港是我国东南沿海最重要水产养殖基地之一, 网箱养殖是该海域最主要水产养殖

方式^[14]。据统计, 2005 年全港常规海水网箱已发展到 6.5 万只^[15]。近年来, 随着养殖规模和强度不断增大, 网箱养殖污染日益严重。2002 - 2007 年, 整个象山港都处于富营养化状态, 其中 2007 年枯水期 *E* 值最大为 12.68^[16]。张丽旭等^[17]于 2002 年就象山港海域营养盐状况进行调查, 分析了 4 - 9 月赤潮多发期氮、磷污染的时空变化特征。本文则根据 2010 年全年共 6 航次连续观测, 从小范围、多频次、多站位的角度, 分析讨论了象山港网箱养殖区域营养盐分布状况, 并对该水域水体富营养化状态进行了评价, 为海水增养殖业可持续发展、生态系统修复提供科学依据。

收稿日期: 2011-11-21 修回日期: 2012-03-12

基金项目: 宁波市农业科技示范园区科技项目(2010YQ15); 国家自然科学基金(30371101); 上海市水生生物学重点学科建设项目(S30701); 优秀学科带头人项目(08XD14037); 海洋赤潮灾害立体监测技术与应用国家海洋局重点实验室开放研究基金(MATHAB200907)

作者简介: 韩芳(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水域环境生态修复。E-mail: hanfang365@163.com

通讯作者: 何培民, E-mail: pmhe@shou.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 调查区域和采样点设置

实验选取象山港典型网箱养殖区域为调查对象,该区域为象山港网箱养殖示范基地,位于奉化市裘村镇南沙海区(图 1)。该水域平均水深

13 m,目前共有海水网箱约 700 只(3 m×3 m×6 m),养殖品种主要为花鲈(*Lateolabra japonicus*)、美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)等。

共设 14 个采样点,其中 3 个设在网箱内部,11 个设在网箱周围半径为 80 m 的养殖区域内。

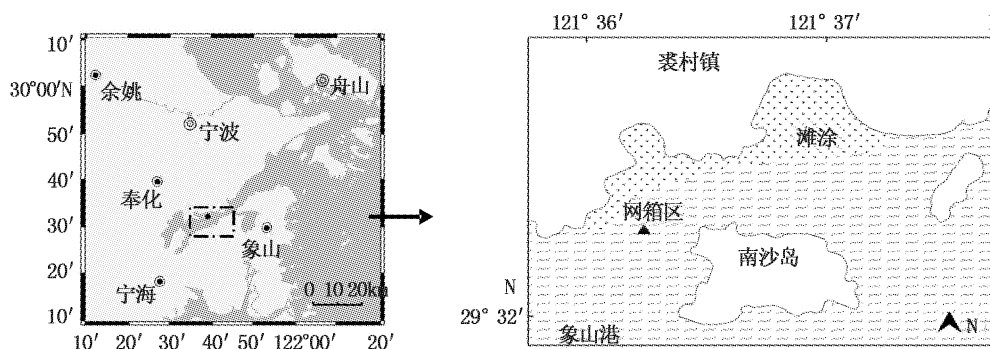


图 1 象山港网箱养殖区位置示意图

Fig. 1 Location of cage culture in Xiangshan Harbor

1.2 样品的采集与分析

2010 年 1 月,3 月,5 月,7 月,9 月,11 月共 6 航次对 14 个采样点水环境进行监测,采样时间为 9:00—12:00。样品现场采集及分析测量按《海洋调查规范》(GB/T 12763.4—2007)中的规定执行^[18]。用 5L 采水器采集 2 m 表层水样,按检测项目不同进行分装处理。无机营养盐水样(NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、PO₄-P)经 0.45 μm 醋酸纤维滤膜进行现场减压过滤,低温运回实验室利用流动分析仪(SKALAR)测定;COD 水样无需过滤,测定采用碱性高锰酸钾法。同时,使用多参数水质分析仪(Hydrolab)进行现场测定水温、pH、盐度和 DO。

1.3 富营养状态评价

根据国家海洋局《海水增养殖区监测技术规程》中的营养指数(*E*)对实验网箱养殖区营养状态进行评价。营养状态指数(*E*)评价公式如下^[19]:

$$E = C \times N \times P \times 10^6 / 4500 \quad (1)$$

式中:*C*、*N*、*P* 分别为化学需氧量(COD)、无机氮(DIN)、无机磷(DIP),单位均为 mg/L。富营养化阈值:COD、DIN 和 DIP 的质量浓度分别为 1~3 mg/L、0.2~0.3 mg/L 和 0.045 mg/L;评价标准为当 $E \geq 1$ 时,则水体呈富营养化状态。

1.4 有机污染评价指数法

针对调查网箱海域有机污染问题,采用有机污染评价指数(*A*)法评价公式及有机污染分级进行评价,有机物污染评价指数(*A*)的评价公式如下^[20]:

$$A = C / C_0 + N / N_0 + P / P_0 - D / D_0 \quad (2)$$

式中:*C*、*N*、*P*、*D* 分别为水体中化学需氧量(COD)、无机氮(DIN)、无机磷(DIP)和溶解氧(DO)的实测浓度;*C*₀、*N*₀、*P*₀、*D*₀ 分别为相应要素一类海水水质标准,其值依次为 2.0、0.20、0.015、6.0 mg/L。

2 结果与讨论

2.1 常规理化指标变化特征

2010 年象山港网箱养殖海区全年水温(*T*)、盐度、溶解氧(DO)、pH 的监测结果见图 2。该网箱养殖海区全年平均温度为 19.50 °C,最热在 7 月,均值为 29.80 °C,最冷在 1 月,均值为 10.31 °C。pH 年均范围为 7.67~8.43,月均最低值出现在 7 月,均值为 7.95。盐度平均在 24 左右,月均最高在 11 月份,均值为 27.93。DO 变化范围为 4.43~6.21 mg/L,最高值出现在 1 月份,最低值出现在 7 月份,与全年温度变化呈此消彼长的趋势。其中,DO 和 pH 均符合《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定的 II 类海水水质标准^[21]。

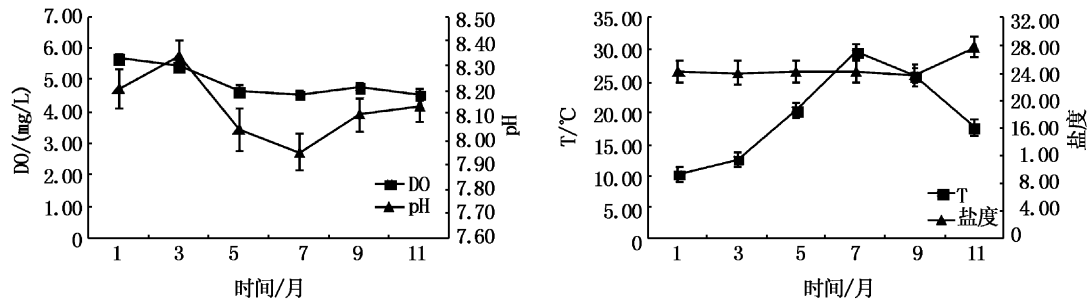


图2 网箱养殖区水域中水温、pH、盐度、溶解氧的变化情况

Fig.2 Variations of temperature, pH, salinity and dissolved oxygen in culture areas

2.2 海水营养盐分布特征

2010年象山港网箱养殖海区海水中无机氮(DIN)、无机磷(DIP)和活性硅酸盐($\text{SiO}_3\text{-Si}$)监测结果见表1。DIN全年含量变化范围为0.726~1.133 mg/L,平均值0.907 mg/L,1月平均值最高,含量为0.976 mg/L,7月平均值最低,含量为0.836 mg/L。DIP全年含量变化范围为0.043~0.082 mg/L,平均值0.060 mg/L,月均最高值出现在11月,含量达0.064 mg/L,最低值为7月,含量为0.053 mg/L。 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 全年含量变化范围为0.794~1.357 mg/L,平均值为1.038 mg/L,9月份含量最高,可达1.214 mg/L,最低值出现在1月份,含量为0.890 mg/L。

表1 网箱养殖区水域中DIN、DIP、 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度全年变化

Tab.1 Variations of DIN, DIP and $\text{SiO}_3\text{-Si}$ concentrations in fish-cage culture areas

时间/月	项目	DIN/(mg/L)	$\text{PO}_4\text{-P}/(\text{mg/L})$	$\text{SiO}_3\text{-Si}/(\text{mg/L})$
1	范围	0.861~1.069	0.051~0.068	0.794~0.978
	平均值	0.976±0.060	0.061±0.005	0.890±0.048
3	范围	0.765~1.045	0.043~0.066	0.914~1.004
	平均值	0.903±0.082	0.058±0.008	0.849±0.027
5	范围	0.804~1.004	0.043~0.067	0.939~1.092
	平均值	0.897±0.057	0.056±0.008	1.007±0.036
7	范围	0.726~0.943	0.045~0.061	0.940~0.990
	平均值	0.836±0.075	0.053±0.005	0.964±0.015
9	范围	0.754~0.954	0.061~0.070	1.147~1.357
	平均值	0.856±0.059	0.067±0.002	1.214±0.047
11	范围	0.734~1.133	0.048~0.082	0.997~1.327
	平均值	0.974±0.097	0.064±0.008	1.201±0.086

营养盐吸收动力学研究表明,DIN、DIP和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度分别为0.014 mg/L,0.003 mg/L,0.056 mg/L时,可作为浮游植物生长的最低阈值^[22]。该网箱养殖海区DIN、DIP和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 全年平均含量均超过浮游植物生长最低阈值,高浓度

营养盐水平将对浮游生物生长和生物群落构成造成影响。从污染程度上看,DIN和DIP年均水平平均超过《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定的Ⅱ类海水水质标准($\text{DIN} \leq 0.30 \text{ mg/L}$, $\text{DIP} \leq 0.03 \text{ mg/L}$),超标率分别达200%和100%,可见该水域现状已不利于海水增殖功能区主导功能的发挥,一旦水文气象等条件适宜,有发生赤潮的可能^[21]。

2010年象山港网箱养殖海区海水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 监测结果见图3。从3种无机氮含量变化情况看, $\text{NO}_3\text{-N}$ 全年变化范围为0.510~0.860 mg/L,平均值为0.679 mg/L。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 全年变化范围为0.010~0.056 mg/L,平均值为0.031 mg/L。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 全年变化范围为0.120~0.304 mg/L,平均值为0.197 mg/L。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 分别占DIN 74.83%、3.39%和21.77%。根据2002年张丽旭调查显示, $\text{NO}_3\text{-N}$ 占DIN的94.41%,是象山港无机氮主要存在形式,其次为 $\text{NH}_4\text{-N}$,占DIN的3.46%,对比本研究表明,目前象山港网箱养殖活动尚没有改变无机氮的结构组成特征,而调查网箱 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的含量水平有大幅提高,这可能与网箱养殖鱼类的氨氮排泄有关^[23]。

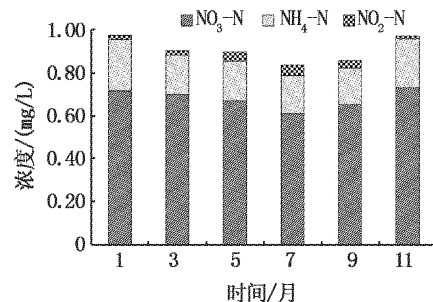


图3 网箱养殖区水域中无机氮含量的变化情况

Fig.3 Variations of inorganic nitrogen in culture areas

2.3 海水 N/P 值

N/P 是考察营养盐结构的重要指标, N、P 营养盐结构的改变, 会导致某个元素成为浮游植物生长的限制性元素^[24-25]。根据 REDFIELD 研究发现, 一般大洋深层 N/P 大约为 16:1, 同时浮游植物对氮、磷营养盐的吸收是按 16:1 恒定摩尔比进行的^[26-28]。因而人们常用 N/P 值来判读营养盐相对限制情况, 当 N/P < 16 表明氮相对不足, N/P > 16 表明磷相对不足。2010 年象山港网箱养殖海区海水中 N/P 值见表 2。该网箱养殖区

全年 N/P 值变化范围为 25.23 ~ 45.75, 年平均值为 34.02。监测结果表明该网箱养殖水域是一个相对的磷限制或者氮过剩系统。监测期间水域 DIP 年平均水平可达 0.060 mg/L, 是海水富营养化 DIP 阈值的 1.3 倍, 可见该网箱养殖区域呈现氮过剩状态。部分浮游植物甲藻可释放有害毒素, 威胁生物生存, 水体中高的 N/P 值易降低硅藻竞争能力, 使得水体中甲藻更占优势, 从而导致水域生态环境进一步恶化^[29]。

表 2 网箱养殖区水域 N/P 值全年变化

Tab. 2 Variations of N/P in fish-cage culture areas

项目	1月	3月	5月	7月	9月	11月	平均值
N/P 值	35.54 ± 4.17	34.95 ± 3.18	36.12 ± 4.72	35.28 ± 2.17	28.38 ± 1.61	33.82 ± 3.96	34.02 ± 4.36

2.4 网箱养殖海区有机污染状况分析

根据监测, DO 全年含量变化范围为 4.43 ~ 6.21 mg/L, 平均值为 4.94 mg/L。计算结果见表 3, 机物污染评价指数 (A) 全年含量变化范围为 6.15 ~ 10.53, 年均值 7.88, 监测范围内 A 值全年含量均劣于 V 级水质标准, 有机物污染严重 (表 3)。据调查, 该养殖区附近并无陆源污染输入, 养殖投喂的饵料主要来源于海上捕捞的小杂鱼。

饵料利用率不高, 残饵的形成成为海水有机物污染的重要根源。研究发现, 以饵料和鱼苗形式输入海水网箱养殖系统中的氮仅有 27% ~ 28% 通过鱼的收获而被利用^[30]。未食残饵进入水体, 加剧了水体营养物质富集, 使得调查网箱海区全年呈现严重有机物污染状态。

表 3 网箱养殖区水域海水营养状态指数 (E) 和有机物污染评价指数 (A)

Tab. 3 Eutrophication index (E) and organic pollution index (A) in fish-cage culture areas

项目		1月	3月	5月	7月	9月	11月
A 值	范围	7.47 ~ 9.14	6.15 ~ 8.69	6.56 ~ 8.87	6.15 ~ 8.09	7.34 ~ 8.83	6.95 ~ 10.53
	平均值	8.14 ± 0.44	7.44 ± 0.83	7.63 ± 0.68	7.14 ± 0.63	8.09 ± 0.41	8.58 ± 0.93
E 值	范围	10.61 ~ 17.80	6.86 ~ 14.87	7.26 ~ 15.64	8.45 ~ 17.39	8.64 ~ 16.61	8.31 ~ 23.34
	平均值	13.73 ± 1.96	11.72 ± 2.21	11.59 ± 2.42	12.86 ± 2.65	11.98 ± 1.90	15.44 ± 4.67

2.5 网箱养殖海区海水营养状况分析

监测水域 COD 全年含量变化范围为 0.81 ~ 1.52 mg/L, 平均值为 1.07 mg/L, 最高值出现在网箱养殖区中部, 由高浓度的中心区域向四周呈逐渐递减趋势。养殖区 DIN 全年变化范围为 0.726 ~ 1.133 mg/L, PO₄-P 范围为 0.043 ~ 0.082 mg/L。计算结果见表 3, 营养状态指数 (E) 为 6.86 ~ 23.34, 年均值为 12.89, 超标 11.89 倍。说明目前该网箱养殖水域处于严重富营养化状态。

据资料显示, 深澳湾内网箱养殖区 DIN 的全年变化范围为 0.047 ~ 0.597 mg/L, DIP 的全年变化范围为 0 ~ 0.051 mg/L; 哑铃湾网箱养殖区

DIN 的年平均含量为 0.072 mg/L, DIP 的含量仅为 0.013 mg/L^[9,31]。可见, 象山港网箱养殖区 N、P 营养盐富集情况严重。这种营养盐的含量水平与象山港特殊的地理位置和养殖活动有着很大关系。根据统计, 由于养殖过程中残饵、代谢产物及排泄物等的输入, 象山港海域养殖业每年可产生的污染物 COD_{Cr}、N 和 P 则分别为 32 100.33 t、1 265.48 t 和 188.17 t^[32]。从水文条件来看, 象山港海域为半日潮, 水体与外界交换能力弱, 港口区换水 90% 约需 15 d, 港底区换水 90% 约需 90 d, 这些特征有利于污染物在湾内滞留, 加剧了养殖水域的富营养化进程^[33]。

为保持象山港海域网箱养殖业的可持续发展,我们亟需合理规划网箱养殖发展,探索一种“健康养殖”模式,从源头上减少养殖过程中营养物质的排放。象山港藻类资源丰富,我们可利用海带和江蓠等海藻资源,形成鱼藻搭配的综合养殖模式,取得理想经济效益的同时创造良好生态环境效益。

3 结论

通过对象山港典型网箱养殖水域全年监测,分析了该网箱养殖区域营养状况,可以得到以下结论:

(1)象山港网箱养殖区水体中 DO 和 pH 均符合《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定的 II 类海水水质标准;

(2)调查水域营养盐含量过高,水域富营养化严重。从营养盐结构看,NO₃-N 为 DIN 主要形式,可见网箱养殖活动开展对营养盐机构组成影响较小,养殖区 N/P 全年平均值为 34.0,氮元素是本海区富营养化主要因子。从营养盐含量水平看,N、P 无机营养盐富集严重,DIN 和 DIP 年均含量水平均超过《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定的 II 类海水水质标准(DIN≤0.30 mg/L,DIP≤0.03 mg/L);

(3)根据有机物评价指数调查显示,调查网箱养殖海区 A 年均值 7.88,说明该区域处于有机物严重污染状态。营养状态指数(E)年均值为 12.89,超标 11.89 倍,养殖区海域全年处于严重富营养化状态。

参考文献:

- [1] 关长涛,王清印.我国海水网箱技术的发展与展望[J].渔业现代化,2005(3):5-7.
- [2] 高爱根,杨俊毅,陈全震,等.象山港养殖区与非养殖区大型底栖生物生态比较研究[J].水产学报,2003,27(1):25-31.
- [3] YOKOYAMA H. Environmental quality criteria for fish farms in Japan[J]. Aquaculture, 2003, 226: 45-56.
- [4] 蒋增杰,崔毅,陈碧鹃,等.唐岛湾网箱养殖区沉积环境质量及污染程度评价[J].农业环境科学学报,2007,26(s2):394-399.
- [5] ALONGI D M, CHONG V C, DIXON P, et al. The influence of fish cage aquaculture on pelagic carbon flow and water chemistry in tidally dominated mangrove estuaries of peninsular Malaysia[J]. Marine Environmental Research, 2003, 55(4): 313-333.
- [6] 董双林,潘克厚.海水养殖对沿岸生态环境影响的研究进展[J].青岛海洋大学学报,2000,30(4):575-582.
- [7] ISLAM M S. Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: Review and analysis towards model development[J]. Marine Pollution Bulletin, 2005, 50(1): 48-61.
- [8] 王春生,刘镇盛,何德华.象山港浮游动物生物量和丰度的季节变动[J].水产学报,2003,27(6):595-599.
- [9] 杜虹,郑兵,陈伟洲,等.深澳湾海水养殖区水化因子的动态变化与水质评价[J].海洋与湖沼,2010,41(6):816-823.
- [10] MAZZOLA A, MIRTO S, ROSA T L, et al. Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal recovery[J]. Marine Science, 2000, 57: 1454-1461.
- [11] PEREIRA P M F, BLACK K D, MCLUSKY D S, et al. Recovery of sediments after cessation of marine fish farm production[J]. Aquaculture, 2004, 235: 315-330.
- [12] 倪海儿,王国良.网箱养殖大黄鱼溃疡病的预报模型[J].水产学报,2009,33(2):334-341.
- [13] 唐森铭,黎可茜.海水网箱养殖与赤潮关系的研究——香港牛尾海三星湾 1998 年赤潮原因探讨[J].海洋学报,2003,25(s2):202-207.
- [14] 黄秀清,王金辉,蒋晓山,等.象山港海洋环境容量及污染物总量控制研究[M].北京:海洋出版社,2008:1-5.
- [15] 新民晚报.宁波气温暴降网箱养殖大黄鱼大范围冻死.[EB/OL]. [2011-09-16]. <http://business.sohu.com/20050323/n224823353.shtml>.
- [16] 罗益华.象山港海域水质状况分析与污染防治对策[J].污染防治技术,2008,21(3):48-50.
- [17] 张丽旭,任松,蒋晓山.象山港海域 N、P 污染特征及潜在性富营养化程度评价[J].海洋环境科学,2005,24(3):68-71.
- [18] 国家技术监督局. GB/T 12763.4—2007 海洋调查规范[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [19] 国家海洋局.海水增养殖区监测技术规程[EB/OL]. [2011-09-16]. <http://www.soa.gov.cn/soa/management/laws/two/webinfo/2007/04/1285406065841515.htm>.
- [20] 蒋岳文.大连湾海水营养盐的含量及有机污染状况分析[J].海洋通报,1991,10(1):100-103.
- [21] 国家环境保护局. GB3097—1997 海水水质标准[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [22] 孙丕喜,王波,张朝晖,等.莱州湾海水中营养盐分布与富营养化的关系[J].海洋科学进展,2006,24(3):329-335.
- [23] 蔡继哈,李凯,郑向勇,等.水产养殖对环境的影响及其防治对策分析[J].水产养殖,2010,31(5):32-37.
- [24] 陈敏.化学海洋学[M].北京:海洋出版社,2009:123-144.
- [25] REDFIELD A C, KETCHUM B H, RICHARDS F A. The influence of organisms on the composition of seawater[M]//

- HILL M N. *The Sea* (Val 2). New York: John Wiley, 1963: 26–77.
- [26] SMITH S V. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment [J]. *Limnology and Oceanography*, 1984, 29(6): 1149–1160.
- [27] 幸福言, 陈碧鹃, 曲克明, 等. 乳山湾表层海水 COD 与氮、磷营养盐的分布及其营养状况[J]. *海洋水产研究*, 2004, 25(5): 52–56.
- [28] OLAUSSON E, CATO I. *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*[M]. New York: Wiley, 1980.
- [29] 戴纪翠, 高晓薇, 倪晋仁, 等. 深圳近海海域营养现状分析与富营养化水平评价[J]. *环境科学*, 2009, 30(10): 2879–2883.
- [30] 刘松岩, 熊彦辉. 水产养殖对水域环境的影响及其治理措施[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(23): 7258–7259.
- [31] 舒廷飞, 温琰茂, 贾后磊, 等. 哑铃湾网箱养殖对水环境的影响[J]. *环境科学*, 2004, 25(5): 3197–101.
- [32] 张丽旭, 蒋晓山, 蔡燕红, 等. 近 4 年来象山港赤潮监控区水质状况综合评价[J]. *海洋湖沼通报*, 2007(4): 98–103.
- [33] 沈庞幼. 浙江象山港的养殖容量研究和水产养殖的可持续发展[J]. *现代渔业信息*, 2002, 17(7): 22–24.

Effect of fish-cage culture on water environment in Xiangshan Harbor

HAN Fang^{1,2}, HUO Yuan-zi^{1,2}, DU Xia¹, ZHU Ying^{1,2}, CHAI Zhao-yang^{1,2}, HAN Wei^{1,2}, ZHANG Jian-heng^{1,2}, HE Pei-min^{1,2}

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Institutes of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: On the basis of investigation data observed at the fish-cage culture area for 6 cruises in 2010, variation characteristics of DO, pH and nutrients in fish-cage culture areas of Xiangshan Harbor were analyzed. The result indicated that the DO (dissolved oxygen) and pH complied with the Grade II in “Seawater Quality Standard” (GB 3097—1997). The range concentration of inorganic nitrogen was 0.726–1.133 mg/L, the concentration of NO₃-N accounted for 74.83% of DIN and was the main form of inorganic nitrogen in the fish-cage culture area. The range concentration of inorganic phosphorus and silicate were 0.043–0.082 mg/L and 0.794–1.357 mg/L, respectively. The concentration of inorganic nitrogen and inorganic phosphorus were too high to satisfy the Grade II of “Seawater Quality Standard” (GB 3097—1997). The ratio of N to P was 34.02, so N was relative surplus. According to the value of eutrophication index (*E*) and organic pollution index (*A*), the seawater was in eutrophication state, and the organic pollution was quite serious.

Key words: Xiangshan Harbor; fish cage aquaculture; eutrophication; nutrients