

文章编号: 1674-5566(2013)04-0603-06

## 嵊泗绿华岛养殖海域环境质量综合评价

胡益峰<sup>1,2</sup>, 蒋红<sup>1,2</sup>, 李卫丁<sup>1,2</sup>, 陈琼<sup>1,2</sup>, 徐灵燕<sup>1,2</sup>

(1. 国家海洋局东海分局舟山海洋工作站, 浙江 舟山 316104; 2. 舟山市海洋环境监测预报中心, 浙江 舟山 316104)

**摘要:** 根据2011年嵊泗绿华岛养殖区春、夏、秋3个季度的水质和沉积物监测结果, 分析评价表明: 养殖区水温、盐度、pH、化学需氧量(COD)、溶解氧(DO)、无机氮(DIN)和叶绿素a(Chl. a)呈季节性变化, 养殖区海水富营养化严重, 且富营养化水平春季>夏季>秋季; 夏季海水有机污染水平(A值)最轻, 春季和秋季达轻度污染水平。该海域海水环境主要受长江径流、养殖污染等影响, 而无机氮含量较高是富营养化和有机污染的主要原因, 也是该海域赤潮高发的原因之一。沉积物中汞(Hg)、砷(As)、铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr)6种重金属元素含量均符合一类海洋沉积物质量标准; 根据Hakanson评价法, 潜在生态风险为低水平, 但铬(Cr)含量已呈中等污染水平, 应加强监测。

**研究亮点:** 应用多种评价方法, 对绿华岛养殖区海域海水有机污染和富营养化进行了评价, 并评价了其沉积物环境中重金属污染程度和潜在生态危害状况。而现有的养殖区评价报道中, 往往只对海水富营养化或有机污染进行单方面评价, 且很少涉及沉积物环境。

**关键词:** 富营养化; 有机污染; 重金属; 生态危害; 海水水质; 沉积物质量; 养殖海域; 绿华岛

**中图分类号:** X 834

**文献标志码:** A

绿华岛位于舟山嵊泗县东北侧, 其南侧海水增养殖区具有水质澄清, 海洋生物资源丰富, 周围有众多岛屿做天然屏障, 受台风影响少等特点, 2002年被命名为省级高科技生态养殖示范园区。养殖海域面积约200 hm<sup>2</sup>, 其中的深水抗风浪网箱和飞碟型深水网箱区域主要养殖大黄鱼, 浮筏式网箱主要养殖紫贻贝。

随着养殖业的发展, 以及位于长江口和钱塘江口的特殊地理位置, 绿华岛养殖海域的生态环境质量受到很大影响, 海水呈现富营养化, 赤潮频繁发生。随着监测评价技术的完善, 国内外提出了许多针对海洋生态环境质量的评价方法, 进行了诸多综合评价<sup>[1-9]</sup>。目前还未有针对嵊泗绿华岛养殖海域生态环境质量评价的报道。为科学合理开发利用绿华岛海域海洋资源, 促进海洋生态环境的健康持续发展, 本文根据嵊泗绿华岛南部养殖海域环境监测资料, 分析讨论了该养殖区海域海水环境质量现状, 综合评价了其海水的有机污染及富营养化水平, 并对沉积物重金属

的污染及其潜在生态危害进行了评价。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样站位与样品采集

在嵊泗绿华岛南部养殖区海域共布设7个水质监测站位(图1), 分别于2011年5月(春季)、8月(夏季)、10月(秋季)进行1次海水水质样品采集, 水深小于10 m只采集表层(水面下0.5 m)样品, 水深大于10 m采集表、底层样品。其中4号站位同步进行沉积物样品采集, 使用0.05 m<sup>2</sup>的曙光抓斗式采泥器采集0~2 cm的表层样品。所有样品贮存及运输严格按照GB 17378.3—2007<sup>[10]</sup>的要求执行。

#### 1.2 分析方法

水质样品的分析测试按照GB 17378.4—2007<sup>[11]</sup>进行, 叶绿素a(Chl. a)按照GB 17378.7—2007<sup>[12]</sup>进行。水温和pH样品现场测定; 盐度、化学需氧量(COD)和溶解氧(DO)样品分别采用盐度计法、碱性高锰酸钾法和碘量法测定;

收稿日期: 2013-01-05 修回日期: 2013-03-20

基金项目: 浙江省海洋环保专项资金项目(浙海渔计[2011]123号)

作者简介: 胡益峰(1980—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为海洋环境监测与评价。E-mail: 2046hyf@163.com

无机氮 (DIN)、活性磷酸盐 ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) 样品分别采用次溴酸盐氧化法、锌-镉还原法、萘乙二胺分光光度法、磷钼蓝分光光度法测定; Chl. *a* 采用分光光度法测定。

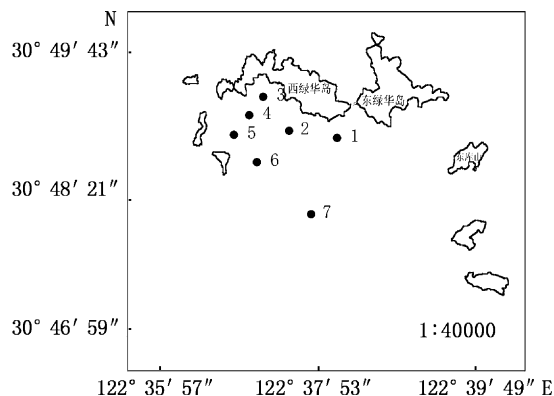


图 1 采样站  
Fig. 1 Sampling stations

沉积物重金属元素汞 (Hg)、砷 (As)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、镉 (Cd)、铬 (Cr) 分析测试按照 GB 17378.5—2007<sup>[13]</sup> 进行。其中 Hg 和 As 采用原子荧光法测定, 所用仪器为 GXY-6060 原子荧光光度计; Cu、Pb、Cd、Cr 采用原子吸收分光光度法测定, 所用仪器为 TAS-990 原子吸收分光光度计。

### 1.3 评价方法

采用有机污染指数 (A)<sup>[14]</sup>、富营养指数 (E)<sup>[15]</sup> 和营养状态质量指数 (NQI)<sup>[16]</sup> 对海水水质进行有机污染状况和富营养化水平评价, 采用尼梅罗指数法<sup>[17]</sup> 对海水环境质量进行综合评价。采用潜在生态危害指数法<sup>[5]</sup> 对表层沉积物进行重金属污染程度和潜在生态危害性评价。

根据《海水水质标准》<sup>[18]</sup> 和《海洋沉积物质量》<sup>[19]</sup> 的分类规定, 本文以第二类海水水质标准和第一类沉积物质量标准作为评价依据。沉积物重金属的背景值 ( $C_n^i$ ) 参考《水环境化学》<sup>[20]</sup>, 毒性响应参数 ( $T_r^i$ ) 参考瑞典学者 HAKANSON<sup>[5]</sup> (表 1)。

表 1 重金属的背景参照值和毒性响应参数  
Tab. 1 Background reference values and toxicity coefficients of heavy metals

重金属	$C_n^i$ /(mg/kg)	$T_r^i$
Hg	0.2	40
As	15	10
Cu	30	5
Pb	25	5
Cd	0.5	30
Cr	60	2

## 2 结果与讨论

### 2.1 海水环境质量

#### 2.1.1 水质区域差异

绿华岛养殖海域海水的温度、盐度、pH、COD、DO、DIN、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、Chl. *a* 等评价因子的区域差异性很小 (表 2), 这与该养殖海域特殊的地理位置有直接关系, 其西南侧的 2 块礁石中间留下了一道“门”, 使得该区域的海水流速相对比较湍急, 涨潮最大流速达到 2.0 m/s, 落潮最大流速也达 1.3 m/s<sup>[21]</sup>, 平均潮水流速达到 1.2 m/s<sup>[22]</sup>, 湍急的流速可以和外界海水充分交换, 这也是该区域成为省级高科技生态养殖示范园区、养殖大黄鱼口味堪比野生的最主要原因。

表 2 不同站位水质调查结果

Tab. 2 Survey data of seawater in different monitoring stations

站位	水温/℃	盐度	pH	化学需氧量/(mg/L)	溶解氧/(mg/L)	无机氮/(mg/L)	活性磷酸盐/(mg/L)	叶绿素 a/(μg/L)
1#	20.87	29.90	8.26	0.28	7.13	0.701	0.023	4.25
2#	20.93	29.70	8.22	0.32	7.05	0.697	0.023	5.23
3#	21.01	30.47	8.24	0.39	7.17	0.742	0.022	4.63
4#	21.03	30.24	8.24	0.42	6.67	0.695	0.023	3.03
5#	20.78	29.49	8.27	0.45	7.23	0.741	0.021	3.70
6#	20.83	30.10	8.28	0.35	7.37	0.737	0.022	5.47
7#	20.73	30.77	8.26	0.53	6.98	0.719	0.024	3.60

注: 结果为 3 个监测航次的平均值。

以《海水水质标准》第二类标准进行评价, 绿华岛养殖海域 DIN 含量 100% 超标, 其余均达标。Chl. *a* 含量在 2# 和 6# 超过 5 μg/L。

#### 2.1.2 水质季节变化

绿华岛养殖海域海水除  $\text{PO}_4^{3-}$  外, 海水温度、盐度、pH、COD、DO、DIN、Chl. *a* 等评价因子季节

差异性大(表3)。海水温度的变化与季节的转变有密切关系,呈现夏季高、秋季次之、春季最低的特点。盐度的季节变化特征是春季 > 夏季 > 秋季,绿华岛养殖海域周边无陆源排污、河流的注入,其变化主要受长江、钱塘江等的径流量变化影响,其次是与路经该区域的水团所携带外界水相交换有关联,还与降水量季节变化有一定关系。pH、DO、DIN、Chl. *a* 的季节性变化与该区域赤潮多发有直接关联,徐韧等<sup>[23]</sup>把绿华岛海域所在的长江口及其邻近海域称作“赤潮多发区”,冬季浮游植物繁殖能力不强,消耗的营养盐少于输入的营养盐,营养盐呈正累积状态,进入春季后,营养盐(主要指 DIN)达到最大峰值,在适宜条件下,浮游植物开始大量繁殖,5月监测期间是赤潮发生的初始阶段,其特征是海水中 pH、DO、Chl. *a*

含量升高,并出现最大峰值;夏季仍为赤潮多发季节,浮游植物的生长繁殖消耗了大量的营养物质,致使营养盐(主要指 DIN)含量降低并出现最低值,但赤潮风险的存在致使 pH、DO、Chl. *a* 仍出现较高值;而该区域在秋季一般不发生赤潮,故 pH、DO、Chl. *a* 含量回归正常值。COD 在春、夏季比秋季要高,原因之一是春、夏季为赤潮高发季节,赤潮消亡后浮游植物的尸体腐烂,原因之二为春、夏季为养殖季节,投入了大量的饵料,这都对 COD 含量起到正贡献作用,而秋季为收获季节。因绿华岛养殖海域特殊的地理位置,其水质变化及季节分布主要受大江大河的地表径流、潮汐作用和外海水交换等的影响,而与其养殖本身关系不大。

表3 水质的季节变化

Tab.3 Seasonal variation of seawater

时间	水温/℃	盐度	pH	化学需氧量 /(mg/L)	溶解氧 /(mg/L)	无机氮 /(mg/L)	活性磷酸盐 /(mg/L)	叶绿素 a /(μg/L)
2011.05	15.5	31.76 ± 0.51	8.35 ± 0.01	0.45 ± 0.16	7.87 ± 0.31	0.806 ± 0.068	0.023 ± 0.001	7.45 ± 1.44
2011.08	28.8	30.43 ± 0.44	8.32 ± 0.02	0.49 ± 0.15	7.17 ± 0.44	0.615 ± 0.030	0.021 ± 0.006	6.00 ± 2.36
2011.10	21.4	29.35 ± 1.11	8.11 ± 0.03	0.26 ± 0.10	6.41 ± 0.16	0.759 ± 0.023	0.023 ± 0.002	2.77 ± 0.77

### 2.1.3 水质有机污染

有研究表明,赤潮的频繁发生与有机污染物负荷增加有重要的关系<sup>[24]</sup>。海水有机污染评价指数法综合考虑了海水的有机污染和无机污染指标,利用 COD、DIN、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、DO 这 4 个水质指标对海水质量状况进行评价,能反映水质的整体状

况<sup>[25]</sup>。根据参考文献[14]计算得到绿华岛养殖海域的有机污染指数(A)值(表4),可以看出绿华岛养殖海域春、秋季水质状况为轻度污染水平,而夏季为开始受到污染。其中 DIN 对其起到较大的贡献。

表4 水质有机污染指数(A)、富营养化指数(E)、营养状态质量指数(NQI)和尼梅罗指数(P)

Tab.4 The water organic pollution evaluation index (A), quality nutrition exponential (E), state performance figures of nutrition (NQI) and Nemerow index (P)

时间	有机污染指数		富营养化指数		营养状态质量指数		尼梅罗指数	
	A 值	水质质量状况	E 值	营养水平	NQI 值	营养水平	P 值	水质状况
2011.05	2.03	轻度污染	1.85	富营养	4.49	富营养	2.02	富营养
2011.08	1.48	开始受到污染	1.41	富营养	4.11	富营养	1.57	中营养
2011.10	2.10	轻度污染	1.01	富营养	3.94	富营养	1.90	中营养
平均	1.87	开始受到污染	1.42	富营养	4.18	富营养	1.83	中营养

### 2.1.4 水质富营养状况

海水富营养化会造成海洋浮游生物的大量繁殖,在适宜条件下会诱发赤潮,因此富营养化评价已成为沿海国家普遍关心的问题。根据文献[15-17]的计算公式及分级标准,分别得到绿

华岛养殖海域的富营养化指数(E)、营养状态质量指数(NQI)和尼梅罗指数(P),见表4。可以看出,使用 E 值法和 NQI 值法的评价结果很一致,该养殖海域在春、夏、秋不同季节均呈现富营养化,且严重程度均表现为春季 > 夏季 > 秋季;使

用  $P$  值指数法的评价结果为春季呈富营养化状态,与  $E$  值和  $NQI$  值法的评价结果相一致,夏、秋季的评价结果呈中营养化状态,与  $E$  值法和  $NQI$  值法有出入,这是因为不同的评价方法采用了不同的评价因子和不同的分级方法,并且每一种评价方法有不同的适宜性评价海域。

分析绿华岛养殖海域富营养指数 ( $E$ ) 的构成物质  $COD$ 、 $DIN$  和  $PO_4^{3-}$  平均所占比例分别为 34.8%、63.2% 和 2.0%,  $DIN$  对  $E$  值贡献起到了决定性作用。营养状态质量指数 ( $NQI$ ) 的构成物质  $COD$ 、 $DIN$ 、 $PO_4^{3-}$  和  $Chl. a$  平均所占比例分别为 3.2%、57.9%、17.8% 和 21.1%,  $DIN$  对  $NQI$  值也起到最大贡献作用。尼梅罗指数 ( $P$ ) 中,  $DIN$  亦是最大权重。表明绿华岛养殖海域的高  $DIN$  含量,是该区域富营养化的直接原因。而  $DIN$  主要来源为长江地表径流携带大量营养物质的冲淡水<sup>[26-28]</sup>,近 23 年来长江口  $DIN$  浓度增加了近 60 倍<sup>[26]</sup>,其它还有钱塘江、甬江等的地表径流,以及海水养殖、工农业和城市生活排污的影响。

## 2.2 沉积物质量

### 2.2.1 重金属含量分析

绿华岛养殖海域表层沉积物重金属  $Hg$ 、 $As$ 、

$Cu$ 、 $Pb$ 、 $Cd$  和  $Cr$  的平均含量分别为 0.039、11.5、24.8、21.1、0.11、75.2 mg/kg,均符合《海洋沉积物质量》<sup>[19]</sup> 第一类标准限量值,表明该养殖海域沉积物质量状况良好。 $Cr$  和  $Cu$  污染指数较高,分别为 0.94 和 0.71,与舟山普陀中街山列岛保护区海域<sup>[29]</sup> 和舟山定海西蟹峙海域<sup>[30]</sup> 重金属含量情况类似,表明  $Cr$  和  $Cu$  在舟山海域含量普遍较高,应引起重视,加强监控。

### 2.2.2 潜在生态风险分析

利用 HAKANSON 提出的潜在生态危害指数法<sup>[5]</sup> 评价该海域沉积物重金属污染程度和潜在生态风险性,其计算公式为:

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i = T_r^i \times (C^i / C_n^i) \quad (1)$$

式中:  $E_r^i$  为重金属的潜在生态危害指数;  $C^i$  为重金属实测值;  $C_f^i$  为重金属污染程度;  $T_r^i$  和  $C_n^i$  分别为重金属的毒性响应参数和背景值(表 1)。计算得到表 5。根据分级,  $C_f^i < 1$  为低污染水平,  $1 \leq C_f^i < 3$  为中污染水平,  $E_r^i < 40$  为低风险水平<sup>[30]</sup>。关于背景值,目前国内外并无统一的标准评价参考值。而采用不同的背景值计算,对潜在生态危害指数的结果有较大影响<sup>[9]</sup>。

表 5 不同重金属元素的污染指数 ( $C_f^i$ ) 和潜在生态危害指数 ( $E_r^i$ )

Tab. 5 Individual pollution index and potential ecological risk factors of heavy metals

	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr
污染指数 ( $C_f^i$ )	0.19	0.77	0.83	0.84	0.21	1.25
潜在生态危害指数 ( $E_r^i$ )	7.73	7.67	4.13	4.22	6.40	2.51

由表 5 可以看出,绿华岛养殖海域表层沉积物重金属  $Hg$ 、 $As$ 、 $Cu$ 、 $Pb$ 、 $Cd$  为低污染水平,其中  $Hg$  和  $Cd$  相对处于更低污染水平,而  $As$ 、 $Cu$ 、 $Pb$  的污染水平基本一致并有接近中等污染水平的趋势;  $Cr$  污染程度最重,达中等污染水平。

沉积物中重金属元素的含量高,对生态环境的潜在危害性就大<sup>[31]</sup>。根据潜在生态危害指数评价结果,绿华岛养殖海域表层沉积物重金属  $Hg$ 、 $As$ 、 $Cu$ 、 $Pb$ 、 $Cd$  和  $Cr$  均为低水平潜在生态危害。其中  $Hg$ 、 $As$  和  $Cd$  的潜在生态危害水平相对较高,  $Cu$  和  $Pb$  的潜在生态危害水平居中,  $Cr$  的潜在生态危害水平最低。

对污染指数和潜在生态危害指数评价结果进行比较分析,  $Hg$  和  $Cd$  为很低污染水平,而其

潜在生态危害水平相对较高。  $Cu$  和  $Pb$  为低污染水平并接近中等程度污染水平,但其潜在生态危害水平相对很低。  $Cr$  为中等程度污染水平,但其潜在生态危害水平却最低。应用不同的评价方法得出的评价结果往往有差异<sup>[32]</sup>。潜在生态危害指数 ( $E_r^i$ ) 在污染指数 ( $C_f^i$ ) 的基础上引入了重金属的毒性响应参数 ( $T_r^i$ ),而 HAKANSON 从“元素丰度原则”和“元素释放度”赋予了不同重金属元素不同的  $T_r^i$  值。  $Hg$  和  $Cd$  的毒性极强,赋予了较高的值,  $Cu$  和  $Pb$  的生物毒性低,  $Cr$  的毒性最低,赋予了较低的值。还可能是因为重金属元素的亲颗粒性不同,有些重金属元素易随悬浮物迁移而进入沉积物中被矿化埋藏,降低了生物毒性,也降低其潜在的生态危害程度<sup>[9]</sup>。对沉

积物重金属进行污染状况评价,把污染指数和潜在生态危害指数两种方法结合起来,能较全面反映沉积物中重金属污染状况<sup>[33-34]</sup>。

### 3 结论

嵊泗绿华岛南部养殖海域水质各评价因子区域差异很小,但季节性变化明显,长江等大江大河地表径流的外界输入是盐度变化的主要原因,同时也是 DIN 最主要的来源,而频发的赤潮是 pH、DO、DIN 和 Chl. *a* 季节变化的诱因。

该养殖海域海水在春、秋季为轻度有机污染水平,而夏季则为开始受到污染。综合 3 种指数法的评价结果,该养殖海域海水已呈富营养化,而 DIN 起到主要贡献。

沉积物重金属各评价因子中除 Cr 呈中等污染水平,其余均为低污染水平。而其潜在的生态危害性均为低水平。

### 参考文献:

- [1] 王春忠. 应用不适指数法评价莆田鲍增养殖区环境质量[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(6): 728 - 733.
- [2] 贾晓平, 杜飞燕, 林钦, 等. 海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨[J]. 中国水产科学, 2003, 10(2): 160 - 164.
- [3] LEVENT T A, YILMA Z F, DEMIRAK A, et al. Sources and distribution of trace metals in the Saricay Stream basin of southwestem Turkey [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2007, 125(1): 47 - 57.
- [4] 韩芳, 霍元子, 杜霞, 等. 象山港网箱养殖对水域环境的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(5): 825 - 830.
- [5] HAKANSON L. An ecology risk index for aquatic pollution control: a sediment logical approach [J]. Water Research, 1980, 14(8): 975 - 1001.
- [6] PEKEY H, KARAKAS D, AYBERK S, et al. Ecological risk assessment using trace elements from surface sediments of Izmit Bay (Northeastem Marmara Sea) Turkey [J]. Marine Pollution Bulletin, 2004, 48(9): 946 - 953.
- [7] LONG E R, INGERSOLL C G, MACDONALD D D. Calculation and uses of mean sediment quality guideline quotients: a critical review [J]. Environmental Science and Technology, 2006, 40(6): 1726 - 1736.
- [8] 陈雷, 徐兆礼, 陈胜, 等. 2007 年乐清湾富营养化空间特征及其成因分析[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(1): 91 - 97.
- [9] 贾振邦, 梁涛, 林健枝, 等. 香港河流重金属污染及潜在生态危害研究[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 1997, 33(4): 485 - 492.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB17378. 3—2007, 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB17378. 4—2007, 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB17378. 7—2007, 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB17378. 5—2007, 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [14] 阚文静, 张秋丰, 胡延忠, 等. 渤海湾水体富营养化与有机污染状况初步评价[J]. 海洋通报, 2010, 29(2): 172 - 175.
- [15] 邹景忠, 董丽萍, 秦保平. 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨[J]. 海洋环境科学, 1983, 2(2): 41 - 54.
- [16] 刘炜, 李奶姜, 李婕. 福宁湾水质状况及其水体富营养化的初步探讨[J]. 海洋通报, 2008, 27(1): 111 - 115.
- [17] 李启瑞. 尼梅罗指数—水化学组成因子法评价饮用水水质[J]. 中国环境监测, 1988, 4(1): 36 - 38.
- [18] 国家环境保护局. GB3097—1997, 海水水质标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB18668—2002, 海洋沉积物质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [20] 陈静生, 陶澍, 邓宝山, 等. 水环境化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [21] 嵊泗县交通运输局. 深水岸线[EB/OL]. <http://www.shsjt.gov.cn/ssax.html>.
- [22] 郑元丹, 徐祝君. 嵊泗绿华深海大黄鱼养殖的口味堪比野生的[EB/OL]. [http://www.zhoushan.cn/rdzz/gjhhzhkf/ljq/201111/t20111127\\_515157.htm](http://www.zhoushan.cn/rdzz/gjhhzhkf/ljq/201111/t20111127_515157.htm), [2011 - 11 - 27]
- [23] 徐韧, 洪君超, 王桂兰, 等. 长江口及其邻近海域的赤潮现象[J]. 海洋通报, 1994, 13(5): 25 - 29.
- [24] 覃秋荣, 龙晓红. 北海市近岸海域富营养化评价[J]. 海洋环境科学, 2000, 19(2): 43 - 45.
- [25] 陈于望, 王宪, 蔡明宏. 湄洲湾海域营养状态评价[J]. 海洋环境科学, 1999, 18(3): 39 - 43.
- [26] 陈慧敏, 孙承兴, 仵彦卿. 近 23a 来长江口及其邻近海域营养盐结构的变化趋势和影响因素分析[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(4): 551 - 553, 563.
- [27] 王保栋. 长江冲淡水的扩展及其营养盐的运输[J]. 黄渤海海洋, 1998, 16(2): 41 - 47.
- [28] 杨红, 王春峰. 长江口海域营养盐通量的估算[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(6): 700 - 706.
- [29] 胡益峰, 蒋红. 中街山列岛国家级海洋特别保护区海域表层沉积物重金属污染状况及变化趋势分析[J]. 海洋开发与管理, 2012, 29(11): 67 - 70.
- [30] 胡益峰, 蒋红. 舟山西蟹峙海洋倾倒区及邻近海域表层沉积物重金属污染及其生态风险评价[J]. 广东海洋大学学报, 2012, 32(4): 48 - 53.
- [31] 王增焕, 柯常亮, 王许诺, 等. 流沙湾贝类养殖海域环境质

- 量评价[J]. 南方水产科学, 2011, 7(3): 24-30.
- [32] LEOTSINIDIS M, SAZAKLI E. Evaluating contamination of dredges and disposal criteria in Greek coastal areas [J]. *Chemosphere*, 2008, 72(5): 811-818.
- [33] 兰圣迎, 吴玲玲, 陈洁, 等. 湛江南柳河入海排污口邻近海域沉积物重金属污染评价[J]. 海洋通报, 2007, 26(2): 38-41.
- [34] 霍文毅, 黄风茹, 陈静生, 等. 河流颗粒物重金属污染评价方法比较研究[J]. 地理科学, 1997, 17(1): 81-86.

## The comprehensive evaluation of sea area environmental quality for breeding in Shengsi Lvhua Island

HU Yi-feng<sup>1,2</sup>, JIANG Hong<sup>1,2</sup>, LI Wei-ding<sup>1,2</sup>, CHEN Qiong<sup>1,2</sup>, XU Ling-yan<sup>1,2</sup>

(1. *Zhoushan Marine Workstation of East China Sea Branch of SOA, Zhoushan 316104, Zhejiang, China*; 2. *Oceanic Environmental Monitoring and Forecasting Center of Zhoushan City, Zhoushan 316104, Zhejiang, China*)

**Abstract:** Based on the seawater and sediment monitoring results of Shengsi Lvhua Island's mariculture zone in spring, summer, autumn of 2011, the results showed that, mariculture zone's water temperature, salinity, pH, chemical oxygen demand (COD), dissolved oxygen (DO), dissolved inorganic nitrogen (DIN) and chlorophyll a (Chl. a) changed with the seasons, eutrophication of the mariculture zone was serious, and the eutrophication level was spring > summer > autumn; the sea water's organic pollution level (A) in summer was the lowest, but attained lightly polluted level in spring and autumn. The seawater environment was mainly affected by the Changjiang River, breeding pollution and so on, and the higher level of dissolved inorganic nitrogen was the main reason for eutrophication and organic pollution, and was also a reason of the area's high incidence of the red tides. The content of mercury (Hg), arsenic (As), copper (Cu), lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr) in sediments (6 kinds of heavy metal) accorded with the first class of the marine sediment quality of National Standards. According to the Hakanson's evaluation method, the potential ecological risk was low, but the content of chromium (Cr) reached medium pollution level, so monitoring should be strengthened.

**Key words:** eutrophication; organic pollution; heavy metals; ecological risk; seawater quality; sediment quality; sea area for breeding; Lvhua Island