

江苏南部海域文蛤增养殖区底质中硫化物 及其与 COD 的关系

范可章¹, 孙国铭², 陈爱华², 姚国兴², 杨家新¹, 许璞²

(1. 南京师范大学生命科学学院 210097, 江苏, 南京)

(2. 江苏省海洋与水产研究所 226007, 江苏, 南通)

[摘要] 在江苏南部海域设东沙、东凌、新港和吕四 4 个站位, 对文蛤增养殖区底质泥样及底质水样的硫化物与 COD 进行调查分析. 结果为: 在文蛤生长繁殖的主要季节中, 硫化物变化幅度在 32.90 ~ 131.06 mg/kg 之间, 平均为 81.71 mg/kg; COD 变化幅度在 1.54 ~ 20.59 mg/L 之间, 平均为 4.13 mg/L. 回归分析表明: 各站位硫化物与 COD 有显著的相关性, 但有间断特征. 东沙和东凌两站位硫化物与 COD 的相关性在 6 月中旬和 7 月上旬之间出现一个间断期, 在间断期前后时段中, 硫化物与 COD 呈明显正相关; 新港站位的间断期在 6 月上旬和 7 月上旬之间, 时间稍长; 吕四站位的间断期发生在 7 月上旬和 7 月中旬之间, 发生时间稍晚. 硫化物出现高值一般总是稍滞后于 COD.

[关键词] 文蛤, 底质, 硫化物, COD

[中图分类号] Q958.2, [文献标识码] A, [文章编号] 1001-4616(2005)04-0090-05

A Preliminary Study on the Relationship Between the Sulphuret and the COD in the Substratum of the HARD Clam (*Meretrix Meretrix*) in the Maritime Reproductive — Culturalarea of Southern Jiangsu Province

Fan Kezhang¹, Sun Guoming², Chen Aihua², Yao Guoxing², Yang Jiaxin¹, Xu Pu²

(1. School of Life Science, Nanjing Normal University, 210097, Nanjing, China)

(2. Institute of Marine Fisheries, Jiangsu Province, 226007, Nantong, China)

Abstract From May to August in 2004, samples were collected respectively at 4 stations: Dong Sha, Dong Ling, Xin Gang and Lv Si. The substratum and effusive water were taken from the holes which had been dug into the depth of 15 cm in every station. Sulphuret in the substratum and COD in the effusive water were all analyzed in the lab in time, and finally, the relationship between the concentrations of sulphuret in the substratum and the COD in the effusive water was analyzed. The results show that the range of sulphuret in the substratum collected from every station is from 32.90 mg/kg to 131.06 mg/kg, its average is 81.71 mg/kg; the range of COD in the effusive water collected from every station is from 1.54 mg/L to 20.59 mg/L, and its average is 4.13 mg/L. Regressive analysis shows that the sulphuret and the COD have an obviously positive correlativity in the mid-July among the 4 stations; There is a pertinence transition of the sulphuret and the COD between the mid-June and the early July in Dong Sha and Dong Ling respectively. Before or after the transition, there is an obviously positive correlativity between the sulphuret and the COD; there is a transition between the early June and the early July in Xin Gang; there is a transition between the early July and the mid-July in Lv Si. It shows that the transition is longer in Xin Gang and that the transition is later in Lv Si, and generally speaking, we can see that the more sulphuret are always coming after the more COD.

Key words *Meretrix Meretrix*, substratum, sulphuret, COD

收稿日期: 2005-01-27.

基金项目: 江苏省农业“三项更新工程”资助项目(PJ2003).

作者简介: 范可章, 1970—, 硕士研究生, 主要从事贝类生态学的学习与研究. E-mail fankezhang2005@163.com

通讯联系人: 陈爱华, 1966—, 高级工程师, 主要从事贝类养殖学、生态学研究. E-mail yaogx4800@yahoo.com.cn

0 引言

江苏南部沿海具有大面积的滩涂和辐射状沙洲群。辐射沙洲群是江苏海岸带的一个重要组成部分,主要分布在射阳河口以南、长江口以北的海岸外围,它的规模之大,形态之特殊,水动力及地质地貌之复杂多变,在国内外少见。由于特殊的地貌和水动力条件,沿岸地形广阔的滩涂和辐射沙洲表面沉积物不断被搅起并来回运动,经过充分分选,成为纯净的细沙和粗粉沙,底质中一般细沙含量在 80% 以上,粗粉沙在 15% 左右,细粉沙和粘土含量在 10% 以下。文蛤 (*Meretrix meretrix*) 为这一特殊环境的代表性底栖生物,其丰度值高于其它海域,资源量在国内占首位。作为对资源的利用,文蛤产业经历了从采捕到增养殖的发展过程,现已成为江苏南部沿海重要的渔业产业。近年来,随着密型养殖规模和区域的迅速扩大,文蛤病害频繁发生,使产业遭受严重损害。关于文蛤病害已有报道^[1],但从病发频度与密型养殖发展趋势相关性分析来看,引发文蛤病害的原因可能具有多样性和复杂性,其中生活环境质量下降属重要原因之一。文蛤属滤食性贝类,其过滤水体摄取浮游植物和有机颗粒并产生生物沉降,使有机颗粒物实现从水体向底层搬运的过程,在微生物的作用下,降低海水中特别是上覆水的溶解氧浓度,为底质中硫酸盐还原为硫化物创造了条件^[2]。何国民^[3]报道,在密集型贝类养殖区,沉积物中的硫化物和有机质会随时间的延长而不断增加。肖兰芳^[4]认为,在沉积环境中硫化物含量与有机负荷量呈正相关。其它报道^[5]也表明硫化物的形成与水体有机质含量有一定的关系。本研究以文蛤增养殖区底质泥样硫化物含量和底质水样 COD 含量作为研究分析对象,探讨江苏南部海域贝类增养殖区底质中硫化物形成与 COD 的关系以及文蛤生活环境的变化特征。

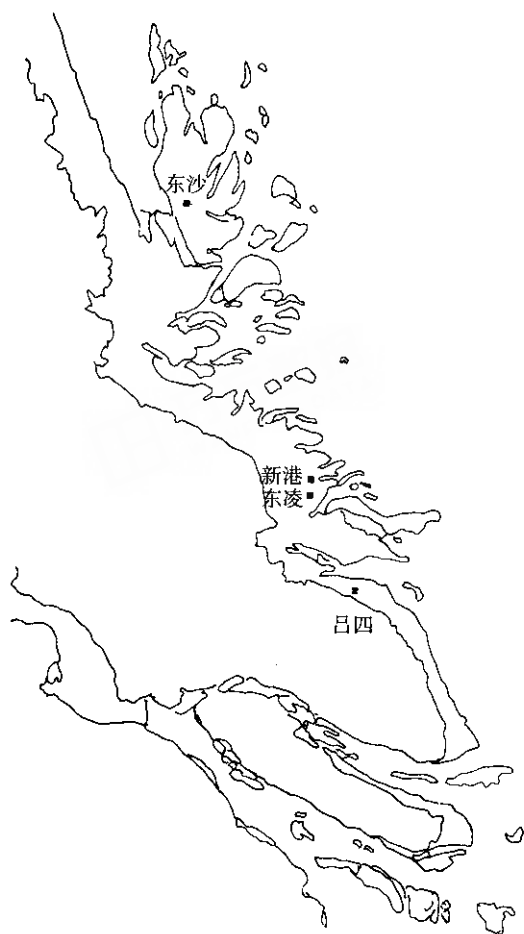


图 1 江苏南部海域示意图

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

2004 年 5 ~ 8 月期间,每月 2 次分别在 4 个站位进行样品采集。东沙站位为 $N33^{\circ}08' E121^{\circ}07'$,新港站位为 $N32^{\circ}19' E121^{\circ}27'$,东凌站位为 $N32^{\circ}16' E121^{\circ}28'$,吕四站位为 $N32^{\circ}05' E121^{\circ}37'$ 。采样方法为:潮水退去后 2 h 内,在 GPS 定点周围 200 m 区域内均匀三点取样。取样点挖成深约 15 cm 小坑,取坑底沙泥为底质泥样,取坑内渗出水为底质水样。本实验硫化物试样仅取泥块中心部分,采样检测时间不超过 24 h,以确保检测值的稳定性。

1.2 检测方法

硫化物:底泥样品中硫化物在酸性条件下产生硫化氢,按碘量法测得。COD:底质水样采用真空加压滤除泥沙杂质,碱性高锰酸钾法测值。取每个站位三个样点的分析值平均,代表相应站位的检测值。

2 结果与讨论

2.1 底质泥样硫化物与底质水样 COD 分布的区域性差异

2.1.1 硫化物

各站位底质中硫化物含量的检测结果汇总于表 1。

表 1 文蛤增养殖区底质泥样中硫化物含量检测结果/(mg/kg)

| 样点 | 5 月 月上旬 | 5 月 月下旬 | 6 月 月上旬 | 6 月 月中旬 | 7 月 月上旬 | 7 月 月中旬 | 8 月 月中旬 | 8 月 月下旬 | \bar{X} |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 东沙 | 32. 90 | 50. 30 | 59. 81 | 50. 30 | 65. 53 | 71. 49 | 40. 44 | 52. 30 | 52. 88 |
| 东凌 | 80. 00 | 98. 88 | 60. 59 | 65. 25 | 119. 14 | 95. 31 | 119. 14 | 47. 66 | 85. 75 |
| 新港 | 42. 55 | 82. 37 | 57. 25 | 85. 11 | 88. 70 | 95. 31 | 83. 40 | 47. 65 | 72. 79 |
| 吕四 | 85. 70 | 114. 26 | 101. 08 | 113. 11 | 125. 10 | 131. 06 | 131. 06 | 121. 20 | 115. 41 |

表 1 表明 ,在调查期间江苏南部海域文蛤增养殖区硫化物的变化范围为 32. 90 ~ 131. 06 mg/kg ,最低值出现在东沙站位的 5 月 ,最高值出现在吕四站位的 7 ~ 8 月 ,平均值为 81. 71 mg/kg. 东沙站位硫化物含量的变化幅度为 32. 90 ~ 71. 49 mg/kg ,最高值出现在 7 月中旬 ,最低值出现在 5 月上旬 ,平均含量为 52. 88 mg/kg ;东凌站位硫化物含量的变化幅度为 47. 66 ~ 119. 14 mg/kg ,最高值出现在 7 月上旬和 8 月中旬 ,最低值出现在 8 月下旬 ,平均含量为 85. 75 mg/kg ;新港站位硫化物含量的变化幅度为 42. 55 ~ 95. 31 mg/kg ,最高值出现在 7 月中旬 ,最低值出现在 5 月上旬 ,平均为 72. 79 mg/kg ;吕四站位硫化物含量的变化幅度为 85. 70 ~ 131. 06 mg/kg ,最高值出现在 7 月中旬和 8 月中旬 ,最低值出现在 5 月上旬 ,平均为 115. 41 mg/kg. 4 个站位底质硫化物水平依次为 :吕四 > 东凌 > 新港 > 东沙. 东凌站位硫化物含量接近江苏南部海域底质硫化物的平均水平 ,东沙站位硫化物含量较低 ,约为江苏南部海域硫化物平均水平的 65% ,吕四站位硫化物含量最高 ,是江苏南部海域硫化物平均水平的 141% .

2. 1. 2 COD

各站位底质水样的 COD 检测结果汇总于表 2.

表 2 文蛤增养殖区底质水样中 COD 含量检测结果/(mg/L)

| 样点 | 5 月 月上旬 | 5 月 月下旬 | 6 月 月上旬 | 6 月 月中旬 | 7 月 月上旬 | 7 月 月中旬 | 8 月 月中旬 | 8 月 月下旬 | \bar{X} |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 东沙 | 2. 85 | 1. 54 | 1. 68 | 1. 54 | 3. 13 | 2. 79 | 2. 32 | 2. 40 | 2. 30 |
| 东凌 | 8. 08 | 20. 90 | 6. 08 | 5. 02 | 3. 46 | 3. 30 | 2. 97 | 1. 98 | 6. 44 |
| 新港 | 3. 64 | 5. 88 | 3. 42 | 2. 67 | 3. 68 | 3. 38 | 3. 40 | 2. 91 | 3. 75 |
| 吕四 | 2. 85 | 5. 55 | 2. 85 | 5. 55 | 5. 61 | 3. 79 | 3. 46 | 2. 47 | 4. 02 |

由表 2 检测数据可以看出 ,检测期间江苏南部海域底质水样 COD 的变化范围在 1. 54 ~ 20. 9 mg/L 之间 ,最低值出现在东沙站位的 5 ~ 6 月 ,最高值出现在东凌站位的 5 月 ,平均值为 4. 13 mg/L. 东沙站位 COD 变化范围在 1. 54 ~ 3. 13 mg/L 之间 ,最高值出现在 7 月上旬 ,最低值出现在 5 月下旬和 6 月中旬 ,平均为 2. 30 mg/L ;东凌站位 COD 变化范围在 1. 98 ~ 20. 59 mg/L 之间 ,最高值出现在 5 月下旬 ,最低值出现在 8 月下旬 ,平均为 6. 44 mg/L ;新港站位 COD 变化范围在 2. 67 ~ 5. 88 mg/L 之间 ,最高值出现在 5 月下旬 ,最低值出现在 6 月中旬 ,平均为 3. 75 mg/L ;吕四站位 COD 变化范围在 2. 47 ~ 5. 61 mg/L 之间 ,最高值出现在 7 月上旬 ,最低值出现在 8 月下旬 ,平均为 4. 02 mg/L. 4 个站位 COD 水平依次为 :东凌 > 吕四 > 新港 > 东沙. 吕四站位 COD 水平接近江苏南部海域 COD 平均水平 ,东沙站位 COD 量值较低 ,为江苏南部海域 COD 平均水平的 56% ,东凌站位 COD 量值最高 ,是江苏南部海域 COD 平均水平的 156% .

2. 1. 3 硫化物与 COD 的分布关系分析

表 1、表 2 表明 ,江苏南部海域文蛤增养殖区底质硫化物和 COD 含量呈非均匀分布 ,这与其地理环境、海流的小动力条件、环境化学因子、底质类型以及增养殖规模和密集性等因素有关^[6]. 通过 4 个站位硫化物与 COD 量值的比较可以看出 ,硫化物量值高的区域 COD 量值也相应高 ,东凌区域出现的例外 ,是由 5 月下旬 COD 出现一个特高值引起的. 另外 ,硫化物出现高值的季节 ,并不是 COD 出现高值的季节 ,即硫化物的高值出现和 COD 的高值出现在时间上不同步 ,硫化物高值的出现在时间上比 COD 高值的出现较为滞后. 在硫化物出现最高值的上一季节 ,COD 值非常高 ,到出现硫化物最高值时 ,COD 值变低. 在东沙 ,硫化物最高值出现在 7 月中旬 ,COD 值相应地由 7 月上旬的 3. 13 mg/L 降至 7 月中旬的 2. 79 mg/L ;新港的硫化物最高值出现在 7 月中旬 ,COD 值由 7 月上旬的 3. 68 mg/L 降至 7 月中旬的 3. 38 mg/L ;吕四的硫化物最高值出现在 7 月中旬 ,COD 值由 7 月上旬的 5. 61 mg/L 降至 7 月中旬的 3. 79 mg/L ;而东凌站位硫化物有 2 个高峰值 ,分别出现在 7 月上旬和 8 月中旬 ,COD 值也相应地由 6 月中旬的 5. 02 mg/L 降至 7 月上

旬的 3.46 mg/L 7 月中旬的 3.30 mg/L 降至 8 月中旬的 2.97 mg/L. 作为例外 ,在东凌站位 5 月下旬至 6 月上旬期间 ,COD 量值下降的同时 ,硫化物量值也发生下降现象 ,但从具体量值分析来看 ,它仍符合 COD 值高硫化物含量也随之较高这一规律. 江苏南部文蛤增养殖区域硫化物与 COD 量值的分布关系 ,显示底质硫化物的形成以及含量水平与有机质量值有密切的联系.

2.2 硫化物与 COD 的线性回归分析

2.2.1 不同季节硫化物与 COD 的回归分析

不同季节硫化物与 COD 的检测值回归分析结果如表 3 所示.

表 3 不同季节硫化物与 COD 量值回归分析

| 时间 | 5 月上旬 | 5 月下旬 | 6 月上旬 | 6 月中旬 | 7 月上旬 | 7 月中旬 | 8 月中旬 | 8 月下旬 |
|----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>r</i> | 0.447 | 0.350 | -0.210 | 0.648 | 0.684 | 0.975 | 0.755 | 0.230 |

* *r* 为相关系数.

表 3 表明 ,在不同季节所得到的硫化物与 COD 相关性分析结果不同.6 月上旬和 8 月下旬 ,由 4 个站位的检测值分析得到的硫化物与 COD 相关系数绝对值较小 ,而 6 月中旬、7 月上旬、7 月中旬和 8 月中旬 4 个时间段的硫化物与 COD 相关系数绝对值较大 ,其中 7 月中旬检测值的相关系数 $r=0.975$,达到极显著水平. 按各季节 4 站位硫化物与 COD 相关系数绝对值依次为 7 月中旬 > 8 月中旬 > 7 月上旬 > 6 月中旬 > 5 月上旬 > 5 月下旬 > 8 月下旬 > 6 月上旬. 从总体上看 5 月上旬至 6 月上旬 4 站位硫化物与 COD 检测值相关系数的绝对值逐渐变小 6 月中旬至 7 月中旬 4 站位硫化物与 COD 检测值相关系数的绝对值逐渐变大 ,正相关越来越明显 ,到 7 月中旬达到极显著水平 8 月中旬至 8 月下旬 4 站位硫化物与 COD 检测值相关系数的绝对值又逐渐变小.

2.2.2 不同区域硫化物与 COD 的回归分析

江苏南部海域各站位硫化物与 COD 的检测值回归分析结果如表 4 所示.

表 4 各站位硫化物与 COD 量值回归分析

| 样点 | 5 月上旬 | 5 月上旬 | 7 月上旬 | 5 月上旬 | 7 月中旬 | 5 月上旬 | 6 月中旬 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | ~ 8 月下旬 | ~ 6 月中旬 | ~ 8 月下旬 | ~ 7 月上旬 | ~ 8 月下旬 | ~ 6 月上旬 | ~ 8 月下旬 |
| 东沙 | 0.142 | -0.870 | 0.817 | -0.044 | 0.974 | 0.899 | 0.645 |
| 东凌 | 0.123 | 0.934 | 0.877 | -0.031 | 0.839 | 0.919 | 0.06 |
| 新港 | 0.169 | 0.226 | 0.867 | 0.157 | 0.961 | 0.898 | 0.468 |
| 吕四 | -0.094 | 0.868 | 0.149 | 0.875 | 0.971 | 0.827 | -0.397 |

* 表内数值为相关系数 *r*.

表 4 表明 ,对各站位硫化物与 COD 的检测值按 5 月上旬至 8 月下旬连续时段作回归分析 ,得出的相关系数绝对值都较小 ,不具典型的线性关系. 但是 ,通过分别计算各站位不同时段硫化物与 COD 量值的相关系数 ,各站位在调查期间都可以划分为两个时段 ,每一时段各遵循其特有的线性方程. 在东沙站位 ,从 5 月上旬至 6 月中旬 ,硫化物与 COD 的相关系数 $r=-0.87$,达到显著水平 ,回归直线方程为 :硫化物 = $77.57-15.37\text{COD}$;从 7 月上旬至 8 月下旬 ,硫化物与 COD 的相关系数 $r=0.817$,达到显著水平 ,回归直线方程为 :硫化物 = $-23.06+30.27\text{COD}$ 5 月上旬至 6 月上旬和 7 月中旬至 8 月下旬两时段硫化物与 COD 的相关系数虽然较大 ,但可分别并入上面的两时段 ;由 5 月上旬至 7 月上旬时段计算得到的硫化物与 COD 相关系数 $r=-0.044$,其绝对值相当小 ,表明这一时段硫化物与 COD 不具线性关系. 6 月中旬至 8 月下旬时段的线性关系也不显著. 综合以上分析 ,可知在 6 月中旬和 7 月上旬之间有一个间断期 ,在间断期前后的两时段 ,硫化物与 COD 各遵循不同的回归直线方程. 同样 ,东凌站位从 5 月上旬至 6 月中旬 ,硫化物与 COD 相关系数 $r=0.934$,达到显著水平 ,回归直线方程为 :硫化物 = $53.96+2.23\text{COD}$;7 月上旬至 8 月下旬 ,硫化物与 COD 的相关系数为 $r=0.877$,达到显著水平 ,回归直线方程为 :硫化物 = $-32.02+44.52\text{COD}$,在 6 月中旬和 7 月上旬之间有一个间断期. 新港站位 5 月上旬至 6 月上旬 ,硫化物与 COD 相关系数为 $r=0.898$,达到显著水平 ,回归直线方程为 :硫化物 = $3.34+13.3\text{COD}$;7 月上旬至 8 月下旬 ,硫化物与 COD 相关系数为 $r=0.867$,达到显著水平 ,回归直线方程为 :硫化物 = $-114.75+57.9\text{COD}$,在 6 月上旬和 7 月上旬之间有一个间断期. 吕四站位从 5 月上旬至 7 月上旬 ,硫化物与 COD 相关系数为 $r=0.875$,达到显著水平 ,回归直线方程为 :硫化物 = $68.66+8.78\text{COD}$;7 月中旬至 8 月下旬 ,硫化物与 COD

的相关系数为 $r=0.971$ 达到显著水平,回归直线方程为:硫化物 = $101.71 + 8.04\text{COD}$ 在 7 月上旬和 7 月中旬之间有一个间断期.

2.2.3 硫化物与 COD 相关关系分析

相关性分析结果表明,江苏南部海域文蛤增养殖区底质中硫化物的形成与 COD 量值呈正相关.在不同季节硫化物和 COD 的线性关系呈现波动性,7 月中旬硫化物和 COD 的线性关系最显著,这可能与海水温度适合硫酸盐还原菌活动有关,使得硫化物的形成与 COD 联系密切^[3,7].回归分析同时表明,江苏南部文蛤增养殖区域中硫化物与 COD 相关性表现出间断特征.东沙和东凌 2 个站位的间断期发生在 6 月中旬和 7 月上旬之间,而新港站位的间断期发生在 6 月上旬和 7 月上旬之间,吕四站位的间断期发生在 7 月上旬和 7 月中旬之间.新港区域的间断过程较长,吕四区域发生间断发生的时间较后. Ankley 等^[8]认为,生物扰动、清淤、暴雨等会改变沉积物的氧化还原状态,有时这些因素的影响超过了由于季节变化而导致的水温、溶解氧变化的影响,使硫化物的浓度出现与一般的季节分布不一致的变化.由于江苏南部海域地理环境较为特殊,暴雨、滩面温度急剧变化等气候性扰动因子可能与这一特征表现有关.从总体调查分析结果来看,在文蛤主要生长繁殖季节,江苏南部海域底质硫化物与有机质量值之间线性关系明晰.

3 结论

(1) 江苏南部海域文蛤增养殖区底质硫化物和 COD 呈非均匀分布,硫化物的含量水平依次为:吕四 > 东凌 > 新港 > 东沙, COD 的含量水平依次为:东凌 > 吕四 > 新港 > 东沙.

(2) 硫化物的量值随 COD 量值变化,高值出现时间总是稍滞后于 COD 高值的出现,表明底质硫化物的形成与有机质含量有密切关系.

(3) 回归分析表明,江苏南部文蛤增养殖区域的底质硫化物与 COD 量值呈正相关.由于存在季节性间断,硫化物与 COD 量值变化分别服从不同时间段的线性方程,表明与季节相关的因素影响明显.

[参考文献]

- [1] 郑国兴,李何,黄宁宇,等. 文蛤病原菌(溶藻弧菌)的分离与性状及文蛤组织的电镜观察[J]. 水产学报,1991,15(2):85—95.
- [2] 祁明华,马绍赛,曲克明,等. 沉积环境硫化物的形成及其与贝类养殖的关系[J]. 海洋水产研究,2004,25(1):66—69.
- [3] 何国民,卢婉娴,刘豫广. 海湾网箱渔场老化特征分析[J]. 中国水产科学,1997,14(5):76—80.
- [4] 肖兰芳. 中国南海开发及存在的问题[M]. 广州:广东经济出版社,1998. 451—461.
- [5] Herhily A T, Mills A L. Sulfate reduction in freshwater sediments receiving acid mine drainage[J]. Appl Environ Microbiol, 1985,49(5):179—186.
- [6] 杨美烂,陆超华. 深圳湾底质中的硫化物[J]. 海洋湖沼通报,1993(1):42—46.
- [7] 杨庆霄,蒋岳文,张昕阳. 虾塘残饵腐解对养殖环境的影响的研究[J]. 海洋环境科学,1999,18(3):11—15.
- [8] Ankley G T, Liber K. A field investigation of the relationship between zink and acid volatile sulfide concentrations in freshwater sediments[J]. Aquat Ecosyst Health, 1996,5(4):255—264.

[责任编辑:孙德泉]