

# 苍南沿浦湾浅海养殖区水质质量评价

柯爱英<sup>1</sup>, 黄振华<sup>1</sup>, 蔡景波<sup>1</sup>, 曾国权<sup>1</sup>, 吴越<sup>1</sup>, 陈坚<sup>2</sup>, 范正利<sup>2</sup>

(1. 浙江省海洋水产养殖研究所、浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江 温州 325005;

2. 温州市渔业技术推广站, 浙江 温州 325005)

**摘要:**根据2013~2015年对沿浦湾浅海养殖区的水质进行的监测与分析资料,采用富营养化指数法和有机污染指数法对该海域海水营养状况和有机污染状况进行了评价。结果表明,该养殖区海水的溶解氧(DO)和化学需氧量(COD)含量符合国家二类海水水质标准,超过二类标准的指标为无机氮(DIN)、活性磷酸盐( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )和石油类。该养殖区春、冬两季水质指标超标情况较为明显,春季超标指标为无机氮和石油类,冬季超标指标为无机氮和活性磷酸盐。该养殖区的富营养化程度日趋严重,而有机污染程度总体不高。

**关键词:**海洋化学;养殖区;海水质量评价;营养状况;有机污染状况;沿浦湾

DOI:10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2017. 03. 009

中图分类号:P734

文献标识码:A

文章编号:2095-4972(2017)03-0365-07

苍南县位于浙江省最南端,濒临东海,沿岸港湾众多。沿浦湾是苍南县主要的浅海养殖区,该养殖区位于苍南县最南端,濒临福建重要渔港沙埕港,面积约为212 km<sup>2</sup>,其中浅海面积为66 km<sup>2</sup>,海域盐度高,主要养殖紫菜、海带、石花菜等,区内有沿浦坛紫菜优质高效养殖基地,是浙江省重要的紫菜产区,被称为“紫菜之乡”。全面掌握养殖区域的环境质量状况及变化趋势,科学地评价养殖区的环境质量,对维持海水养殖业的健康发展有着重要的意义。近年来,已有学者开展了海域环境评价工作<sup>[1-9]</sup>,主要围绕养殖类型、养殖区域地理位置、养殖生物、海水养殖对近岸海域的环境影响等因素展开研究。一些学者对瓯江口、飞云江、鳌江、南麂列岛等海域的环境因子、浮游生物以及赤潮生物等做过大量的研究<sup>[10-17]</sup>,对盐浦湾的沉积物做过风险评价<sup>[18]</sup>,而对盐浦湾海域营养盐的研究未见报道。本研究连续3年(2013~2015年)对沿浦湾海水养殖区的水质中的氮、磷、石油类等指标进行了监测与分析,并采用污染指数和富营养化指数方法对该海域海水营养状况和有机污染状况进行了评价,以了解该养殖区的水质质量现状及其动态变化特征,旨在为制定环境管理及养殖生产措施提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 监测区域和频率

在沿浦湾浅海养殖区进行水环境监测,监测海域水深小于7 m。监测区内均匀布设了6个水质监测站位点(图1)。于2013~2015年间,每年的春(4~5月)、夏(7~8月)、秋(10~11月)、冬(12月至次年1月)4个季节,分别采集养殖海区的表层水样。

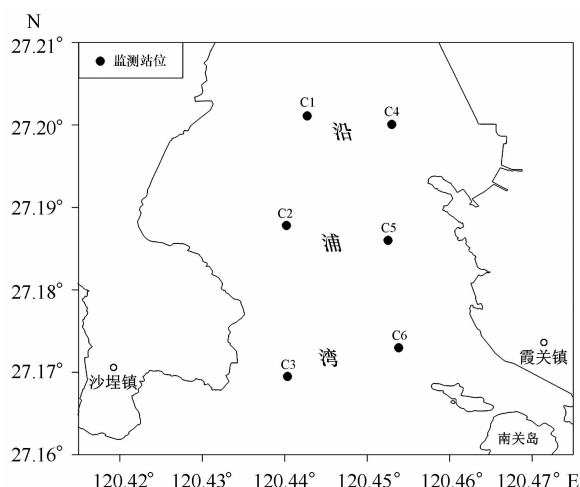


图1 沿浦湾浅海养殖区监测站位

Fig. 1 Monitoring stations in mariculture zones, Yanpu Bay

收稿日期:2016-12-16

基金项目:2015年度温州市重点渔业水域环境监测资助项目(DHCG20150319)

作者简介:柯爱英(1965~),女,高级工程师;E-mail:keaiying8899@126.com

1.2 监测指标和方法

监测指标包括溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、无机氮 (DIN, 氨氮 + 硝酸氮 + 亚硝酸氮)、活性磷酸盐 (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) 和石油类等。

样品的采集、保存、运输及检测分析均严格按照《海洋监测规范》<sup>[19-20]</sup> 的要求执行,各要素采用的分析方法分别为碘量法 (分析 DO)、碱性高锰酸钾法 (分析 COD)、淀粉蓝分光光度法 (分析氨氮)、锌-镉还原法 (分析硝酸氮)、萘乙二胺分光光度法 (分析亚硝酸氮)、磷钼蓝分光光度法 (分析 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) 和紫外分光光度法 (分析石油类)。

1.3 评价标准和方法

1.3.1 评价标准 采用《海水水质标准》<sup>[21]</sup> 中二类海水水质标准来计算样品超标率<sup>[22]</sup>,各指标评价标准值见表 1。

表 1 二类海水水质标准

Tab.1 Second standard of seawater quality

| 指标   | 海水水质标准/mg · dm <sup>-3</sup> |                  |                  |                                            |       |
|------|------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------------------|-------|
|      | C <sub>DO</sub>              | C <sub>COD</sub> | C <sub>DIN</sub> | C <sub>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P</sub> | 石油类   |
| 二类标准 | >5                           | ≤3               | ≤0.3             | ≤0.030                                     | ≤0.05 |

1.3.2 评价方法 近几年浙江南部赤潮频发,海水中出现赤潮与海水呈现富营养化关系密切,海水富营养化指数法对于海水富营养化状态的评价应用区域最广,应用时间跨度也最长,已经超过了 40a<sup>[23]</sup>,采用营养指数和有机污染指数来评价海水的状况,能使研究结果与其他海区具有可比性。

① 富营养化指数法 富营养化指数法<sup>[24]</sup>采用如下公式进行计算:

$$E = (C_{\text{COD}} \cdot C_{\text{DIN}} \cdot C_{\text{DIP}}) \times 10^6 / 4\,500$$
 (1)  
式(1)中:E 为富营养化判断值,其评价分级如表 2 所示;C<sub>COD</sub>为化学需氧量测定值 (mg/dm<sup>3</sup>);C<sub>DIN</sub>为无机氮的测定值 (mg/dm<sup>3</sup>);C<sub>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P</sub>为活性磷酸盐的测定值 (mg/dm<sup>3</sup>)。

② 有机污染指数法 海水有机污染指数法利用 COD、DIN、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P、DO 等 4 个指标对海水质量状况进行评价,反应水质的整体情况<sup>[25-26]</sup>。计算公式如下:

$$A = C_{\text{COD}}/C_{\text{CODs}} + C_{\text{DIN}}/C_{\text{DINs}} + C_{\text{PO}_4^{3-}\text{-P}}/C_{(\text{PO}_4^{3-}\text{-P})\text{s}} - C_{\text{DO}}/C_{\text{DOs}}$$
 (2)

式(2)中:A 为有机污染评价指数,其评价分级如表 3 所示;C<sub>COD</sub>、C<sub>DIN</sub>、C<sub>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P</sub>、C<sub>DO</sub> 分别为化学需氧量、无机氮、无机磷酸盐和溶解氧的测定值 (mg/dm<sup>3</sup>);

C<sub>CODs</sub>、C<sub>DINs</sub>、C<sub>(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P)s</sub>、C<sub>DOs</sub> 为分别为水体的上述各项指标的评价标准 (mg/dm<sup>3</sup>)。

表 2 水质营养化评价分级标准

Tab.2 Classification standard of water eutrophication evaluation

| E 值       | 营养化水平 | 营养状况 |
|-----------|-------|------|
| 0 ~ 0.5   | 1     | 贫营养  |
| 0.5 ~ 1.0 | 2     | 中营养  |
| 1.0 ~ 3.0 | 3     | 富营养  |
| ≥3.0      | 4     | 高富营养 |

表 3 有机污染评价分级标准

Tab.3 Classification standard for organic pollution evaluation

| A 值   | 有机污染级别 | 水质状况   |
|-------|--------|--------|
| <0    | 0      | 良好     |
| 0 ~ 1 | 1      | 较好     |
| 1 ~ 2 | 2      | 开始受到污染 |
| 2 ~ 3 | 3      | 轻度污染   |
| 3 ~ 4 | 4      | 中度污染   |
| >4    | 5      | 严重污染   |

2 结果与讨论

2.1 水质监测结果

对苍南县沿浦湾浅海养殖区连续 3 年每年 4 个季节的水质检测结果进行分析比较 (表 4)。结果表明,溶解氧含量范围为 5.420 ~ 9.610 mg/dm<sup>3</sup>,化学需氧量的含量范围为 0.040 ~ 4.450 mg/dm<sup>3</sup>,活性磷酸盐含量范围为 0.007 ~ 0.169 mg/dm<sup>3</sup>,无机氮含量范围为 0.110 ~ 0.950 mg/dm<sup>3</sup>,石油类含量范围为 0.001 ~ 0.561 mg/dm<sup>3</sup>。溶解氧春季平均含量最高,夏、秋、冬 3 季相近;化学需氧量 4 季变化不大;活性磷酸盐最小值出现在春季,最大值出现在夏季;无机氮最小值出现在夏季,最大值出现在冬季;石油类 4 季波动较明显,最小值出现在冬季,最大值出现在秋季。

2.2 监测结果评价与原因分析

海水养殖区应符合《海水水质标准》<sup>[21]</sup> 中二类水质评价标准,依据标准值计算所有监测数据中超标值的个数占总监测值个数的占比即超标率,对该养殖区内的水质监测结果进行了评价。结

表 4 2013 ~2015 年养殖区各监测指标的含 量范围

Tab. 4 Concentration range of seawater quality monitoring indexes in mariculture zones from 2013 to 2015

| 指标                               | 年份   | 含量/mg · dm <sup>-3</sup> |                 |                 |                 |
|----------------------------------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                  |      | 春季                       | 夏季              | 秋季              | 冬季              |
| DO                               | 2013 | 8. 200 ~ 8. 400          | 7. 190 ~ 7. 390 | 7. 390 ~ 7. 630 | 7. 040 ~ 7. 260 |
|                                  | 2014 | 7. 160 ~ 8. 620          | 5. 420 ~ 5. 580 | 5. 680 ~ 7. 420 | 5. 510 ~ 8. 260 |
|                                  | 2015 | 9. 120 ~ 9. 610          | 6. 300 ~ 7. 510 | 6. 590 ~ 7. 370 | 6. 100 ~ 7. 310 |
| COD                              | 2013 | 0. 640 ~ 2. 260          | 0. 100 ~ 0. 440 | 0. 040 ~ 0. 500 | 0. 050 ~ 0. 550 |
|                                  | 2014 | 0. 960 ~ 1. 290          | 0. 550 ~ 1. 400 | 0. 800 ~ 4. 450 | 0. 590 ~ 1. 100 |
|                                  | 2015 | 1. 960 ~ 2. 630          | 0. 640 ~ 0. 900 | 0. 580 ~ 1. 110 | 0. 490 ~ 1. 450 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | 2013 | 0. 010 ~ 0. 022          | 0. 008 ~ 0. 150 | 0. 009 ~ 0. 013 | 0. 038 ~ 0. 043 |
|                                  | 2014 | 0. 012 ~ 0. 024          | 0. 010 ~ 0. 169 | 0. 031 ~ 0. 077 | 0. 045 ~ 0. 059 |
|                                  | 2015 | 0. 007 ~ 0. 011          | 0. 019 ~ 0. 025 | 0. 060 ~ 0. 063 | 0. 065 ~ 0. 094 |
| DIN                              | 2013 | 0. 320 ~ 0. 600          | 0. 280 ~ 0. 450 | 0. 280 ~ 0. 310 | 0. 570 ~ 0. 840 |
|                                  | 2014 | 0. 700 ~ 0. 830          | 0. 110 ~ 0. 820 | 0. 120 ~ 0. 280 | 0. 710 ~ 0. 950 |
|                                  | 2015 | 0. 400 ~ 0. 810          | 0. 350 ~ 0. 450 | 0. 220 ~ 0. 430 | 0. 200 ~ 0. 630 |
| 石油类                              | 2013 | 0. 016 ~ 0. 034          | 0. 034 ~ 0. 149 | 0. 005 ~ 0. 022 | 0. 020 ~ 0. 026 |
|                                  | 2014 | 0. 008 ~ 0. 066          | 0. 005 ~ 0. 074 | 0. 020 ~ 0. 561 | 0. 027 ~ 0. 066 |
|                                  | 2015 | 0. 100 ~ 0. 186          | 0. 001 ~ 0. 030 | 0. 038 ~ 0. 200 | -               |

果表明,养殖区内有不同程度的超标指标,个别指标的超标率达到 100%,其中主要的超标指标为无机氮、活性磷酸盐和石油类,具体如表 5 所示.溶解氧和化学需氧量全年基本无超标,基本符合二类海水水质标准,表明该养殖区可以满足养殖生物对溶解氧的需求.活性磷酸盐除春季外,夏、秋、冬 3 季均出现了不同程度的超标情况,其中冬季超标最为明显,3 年超标率均为 100%;且超标情况有上升趋势,2014 年和 2015 年的超标情况明显高于 2013 年.无机氮超标情况较为明显,2015 年基本都超标.其中春、冬两季超标最严重,3 年超标率均为 100%;且超标情况有上升趋势,2015 年超标情况最为严重.油类 3 年内 4 个季度均出现过超标情况.其中,春、秋两季超标情况逐年上升,而夏、冬两季呈下降趋势,2015 年夏、冬两季均符合二类海水水质标准,未出现超标情况.

该监测海域测得的无机氮、活性磷酸盐含量较高,影响营养盐含量的因素比较多,其中主要包括浮游生物繁殖消耗、沉积物再悬浮释放和沿岸径流输入等<sup>[27]</sup>.该监测海区周边海域分布大面积的海鱼养

殖区,在海鱼养殖过程中产生的大量饵料废物,以有机或无机物的溶解态和颗粒态存在,从而导致水体中氮、磷营养盐的含量增加,间接的影响了该监测海区的氮、磷含量;且因该监测海区为大型海藻的养殖区,夏季浮游植物繁殖旺盛会消耗大量的氮、磷等营养盐,使水体中氮、磷含量降低,且受风力、沉积物等各因素的综合影响,导致该监测区夏季营养盐超标率低于冬季.该监测海区测得的石油类有超标的情况,但夏季含量较低.石油类污染主要发生在河口、港湾及近海水域,是水体污染的重要类型之一<sup>[28]</sup>,该监测区濒临沙埕港,位于渔船码头附近,码头海上运输及装卸油作业频繁,存在溢、漏油的隐患,由于海域水流交换,导致该监测海区的石油类含量超标.由于禁渔期间限制渔船作业,因此,该区夏季石油类含量较低.

2.3 富营养化状态评价与分析

采用富营养化指数法计算了 DO、COD、DIN、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P、石油类等 5 项评价因子的富营养化判断值,评价该养殖区海水的富营养化等级,其具体评价结果如表 6 所示.结果表明,3 年内该养殖区的富营

养化程度逐年递增,夏季的富营养化程度相对较轻.

表 5 2013 ~2015 年养殖区各监测指标的超标率

Tab.5 Rate beyond the standard of seawater quality by the monitoring index in mariculture zones from 2013 to 2015

| 指标                               | 年份   | 超标率/% |       |       |       |
|----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
|                                  |      | 春季    | 夏季    | 秋季    | 冬季    |
| DO                               | 2013 | -     | -     | -     | -     |
|                                  | 2014 | -     | -     | -     | -     |
|                                  | 2015 | -     | -     | -     | -     |
| COD                              | 2013 | -     | -     | -     | -     |
|                                  | 2014 | -     | -     | 33.3  | -     |
|                                  | 2015 | -     | -     | -     | -     |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | 2013 | -     | -     | -     | 100.0 |
|                                  | 2014 | -     | 16.7  | 100.0 | 100.0 |
|                                  | 2015 | -     | 16.7  | 100.0 | 100.0 |
| DIN                              | 2013 | 100.0 | 66.7  | 50.0  | 100.0 |
|                                  | 2014 | 100.0 | 50.0  | -     | 100.0 |
|                                  | 2015 | 100.0 | 100.0 | 83.3  | 100.0 |
| 石油类                              | 2013 | 16.7  | 66.7  | -     | -     |
|                                  | 2014 | 33.3  | 16.7  | 33.3  | 50.0  |
|                                  | 2015 | 100.0 | -     | 66.7  | -     |

注:“-”表示不超标

养殖区的最主要生态环境问题是水质环境问题,该养殖区位于东海海域,富营养化程度较为严重<sup>[29-32]</sup>,无机氮和活性磷酸盐指标偏高,营养盐污染物以溶解、悬浮或沉淀的方式进入水体后,造成局部养殖水域水质恶化,导致水体产生富营养化现象.影响该海区水体富营养化的主要因素有以下几个方面:周边海鱼养殖区在养殖过程中产生的过剩饵料及海鱼自身产生的大量排泄物;沿岸海域营养盐来源通常为大量河道径流及陆源排污汇入<sup>[33]</sup>,生活污

水、工业废水未达标排放入海以及富含营养物质的农业污水随地表径流进入了沿海水体等,均可能是导致近岸海域的水质富营养化的原因.且该海区处于湾内,水流循环较慢,影响了污染物质的输出,使污染物浓度不能及时得到稀释和扩散,造成该海区污染物质浓度超标,在一定程度上也加剧了海水的富营养化.因此,需有效控制污染源,使水体中营养盐含量低于优势藻类繁衍的临界浓度,维持生态环境的良性循环.

表 6 养殖海区的富营养化状况

Tab.6 Eutrophication status in the evaluated mariculture area

| 时间 | 2013 年     |      | 2014 年     |      | 2015 年     |      |
|----|------------|------|------------|------|------------|------|
|    | <i>E</i> 值 | 营养状况 | <i>E</i> 值 | 营养状况 | <i>E</i> 值 | 营养状况 |
| 春季 | 1.91       | 富营养  | 3.58       | 高富营养 | 2.55       | 富营养  |
| 夏季 | 0.15       | 贫营养  | 3.62       | 高富营养 | 1.66       | 富营养  |
| 秋季 | 0.15       | 贫营养  | 3.97       | 高富营养 | 4.44       | 高富营养 |
| 冬季 | 0.15       | 贫营养  | 6.73       | 高富营养 | 9.95       | 高富营养 |
| 全年 | 0.59       | 中营养  | 4.48       | 高富营养 | 4.65       | 高富营养 |

2.4 有机污染状态评价与分析

采用有机污染指数法计算了 DO、COD、DIN、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P、石油类等 5 项评价因子的有机污染评价指数,评价该养殖区海水的有机污染等级(表 7)。结果表明,该养殖区的有机污染程度总体不高,冬季有机

污染程度相对较重,春季较轻。2013 年水质质量状况为较好,至 2014 年有机污染情况加重,水质质量状况为轻度污染,经“五水共治”等相关污水治理政策的实施,至 2015 年治理措施初见成效,有机污染情况好转,水质质量状况为开始受污染。

表 7 养殖海区的有机污染状况  
Tab.7 Status of organic pollution in the evaluated mariculture area

| 时间 | 2013 年 |      | 2014 年 |       | 2015 年 |       |
|----|--------|------|--------|-------|--------|-------|
|    | A 值    | 质量状况 | A 值    | 质量状况  | A 值    | 质量状况  |
| 春季 | 0.82   | 较好   | 1.88   | 开始受污染 | 0.95   | 较好    |
| 夏季 | 0.04   | 较好   | 2.04   | 轻度污染  | 1.07   | 开始受污染 |
| 秋季 | -0.06  | 良好   | 1.75   | 开始受污染 | 2.04   | 轻度污染  |
| 冬季 | 2.21   | 轻度污染 | 3.18   | 中度污染  | 3.62   | 中度污染  |
| 全年 | 0.75   | 较好   | 2.21   | 轻度污染  | 1.92   | 开始受污染 |

3 结论

2013~2015 年对沿浦湾浅海养殖区的海域的溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐和石油类进行了监测,采用富营养化指数法和有机污染指数法对该海域海水富营养状况和有机污染状况进行了评价,获得了如下结论:

(1)监测结果表明,海水溶解氧和化学需氧量基本符合二类海水水质标准,超过二类标准的指标为无机氮、活性磷酸盐和石油类,其中无机氮超标情况最为明显,全年基本都超标;春、冬两季超标情况较为明显,春季超标指标为无机氮和石油类,冬季超标指标为无机氮和活性磷酸盐。

(2)采用富营养化指数 *E* 值和有机污染指数 *A* 值评价监测海域的富营养化状态和有机污染状态。结果表明,海区内富营养化程度逐年加重,2015 年全年平均营养状况为高富营养;海区内有机污染程度总体不高,2015 年全年平均有机污染状况为开始受污染。

(3)研究海区无机氮、活性磷酸盐和石油类均有不同程度的超标现象,富营养化状态较为明显,其主要原因包括本海区周边海域分布大面积的海鱼养殖区,养殖过程中会产生过剩饵料废物和排泄物;陆源污染物的汇入;本海区频临沙垵港,位于渔船码头附近,海上运输及装卸油作业存在溢漏油的隐患;本海区处于湾内,水流循环较慢,不能及时得到稀释和扩散污染物。虽然本海区主要养殖大型海藻,具有吸收营养盐的功能,但受养殖量和季节性的限制,仅起到缓解海区富营养化的作用。

(4)养殖区域污染物浓度超标,会加剧海水富营养化,海域富营养化是赤潮发生的物质基础,因此,掌握海区水质质量现状,了解水质变化动态,有效控制污染源,使水体中营养盐含量低于优势藻类繁衍的临界浓度,维持生态环境的良性循环,不仅可以促进海水养殖业的可持续发展,还能降低赤潮发生的频率及危害。

参考文献:

[1] 韦献革,温琰茂,王文强,等. 哑铃湾网箱养殖区底层水营养盐的分布与评价[J]. 中山大学学报:自然科学版,2005,44(4):115-119.

[2] 王宪,张晓萍,李燕云,等. 养殖水体营养状态及自净能力的分析[J]. 台湾海峡,2000,19(2):177-181.

[3] 姚炜民,陈雷. 乐清湾海水养殖区环境质量状况及分析[J]. 海洋通报,2007,26(4):116-120.

[4] 杨卫华,高会旺,张永举. 海水养殖对近岸海域环境影响的研究进展[J]. 海洋湖沼通报,2006(1):100-107.

[5] 崔毅,陈碧娟,陈聚法. 黄渤海海水养殖自身污染的评估[J]. 生态学报,2005,16(1):180-185.

[6] 柴夏,史加达,刘从玉. 水产养殖对水体富营养化的影响[J]. 污染防治技术,2008,21(3):28-30.

[7] 杨宇峰,姜胜,王朝晖,等. 中国海水养殖发展状况与养殖海域生态防治分析[J]. 自然科学,2006,28(7):71-75.

- [8] 林钦,贾晓平. 养殖水域富营养化与赤潮发生的关系[J]. 南海水产养殖,1997,15(12):9-16.
- [9] 车志伟. 三亚湾海域关键水质因子的检测与评价[J]. 海南大学学报:自然科学版,2007,25(3):297-300.
- [10] 刘述锡,孙淑艳,王真良,等. 飞云江与鳌江口海域夏、秋季环境因子与浮游生物的分布变化[J]. 生态与农村环境学报,2014,30(4):430-437.
- [11] 张福星,姚宇娟,马琳芳. 温州沿海赤潮发生的水文气象条件及赤潮特征分析[J]. 海洋预报,2016,33(5):89-94.
- [12] 陈道信,陈永木,张弛. 围垦工程对温州近海及河口水动力的影响[J]. 河海大学学报:自然科学版,2009,37(4):457-462.
- [13] 蒋国昌. 浙江南部海域富营养化和赤潮的探讨[J]. 东海海洋,1993,11(2):55-61.
- [14] 张志道,陆斗定. 南麂列岛附近海域的浮游植物和赤潮生物[J]. 东海海洋,1996,14(3):13-20.
- [15] 姚炜民,李超,邵钧璋. 浙南海域的赤潮生物[J]. 海洋通报,2006,25(3):87-91.
- [16] 刘亚林,姚炜民,张树刚,等. 2008 年夏季飞云江口浮游植物分布特征及与环境因子的相关性[J]. 海洋环境科学,2009,28(s1):31-34.
- [17] 陈雷,徐兆礼,姚炜民,等. 瓯江口春季营养盐、浮游植物和浮游动物的分布[J]. 生态学报,2009,129(3):1 571-1 577.
- [18] 陈星星,黄振华,吴越,等. 浙南沿海沉积物中重金属污染及其潜在生态危害评价[J]. 浙江农业学报,2016,28(1):139-144.
- [19] 国家海洋局. GB 17378. 3—2007 海洋监测规范 第 3 部分:样品采集、贮存与运输[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [20] 国家海洋局. GB 17378. 4—2007 海洋监测规范 第 4 部分:海水分析[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [21] 国家环境保护局. GB 3097—1997 海水水质标准[S]. 北京:中国标准出版社,1997.
- [22] 环境保护部. HJ 422—2008 近岸海域环境监测规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2008.
- [23] 黄亚楠,吴孟孟. 富营养化指数法在中国近岸海域的应用[J]. 海洋环境科学,2016,35(2):316-320.
- [24] 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):41-55.
- [25] 田家怡,董景岳. 黄河口附近海域有机污染与赤潮生物的初步调查研究[J]. 海洋环境科学,1983,2(1):46-53.
- [26] 王修林,邓宁宁,李克强,等. 渤海海域夏季石油类污染状况及其环境容量计算[J]. 海洋环境科学,2003,23(4):14-18.
- [27] 过锋,陈聚法,张艳,等. 青岛区南部海域营养水平和有机污染状况分析与评价[J]. 渔业科学进展,2015,36(4):44-50.
- [28] 方曦,杨文. 海洋石油污染研究现状及防治[J]. 环境科学与管理,2007,32(9):78-80.
- [29] 曹维,蔡燕红,张海波,等. 东海区典型断面营养盐潜在性富营养化评价[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2014,33(3):251-256.
- [30] 蒋国昌,王玉衡,董恒霖,等. 浙江沿海富营养化程度的初步探讨[J]. 海洋通报,1987(4):40-48.
- [31] 尹艳娥,沈新强,蒋玫,等. 长江口及邻近海域富营养化程度评价及其时空分布特征[C]//中国水产学会. 2014 年中国水产学会学术年会论文摘要集. 北京:中国水产学会,2014.
- [32] 李磊,夏培艳,唐峰华,等. 舟山附近海域富营养化的时空分布及其与环境因子的关系[J]. 生态学杂志,2011,30(4):771-777.
- [33] 姜欢欢. 渤海湾近岸海域海水增养殖区富营养化评价[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.

## Evaluation of seawater quality in the mariculture zones of Yanpu Bay of Cangnan County

KE Ai-ying<sup>1</sup>, HUANG Zhen-hua<sup>1</sup>, CAI Jing-bo<sup>1</sup>, ZENG Guo-quan<sup>1</sup>, WU Yue<sup>1</sup>, CHEN Jian<sup>2</sup>, FAN Zheng-li<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-resource, Wenzhou 325005, China; 2. Wenzhou Fisheries Technology Extension Service, Wenzhou 325005, China)

**Abstract:** Seawater quality of the mariculture zones in Yanpu Bay was monitored and analyzed from 2013 to 2015. Eutrophication index and organic pollution index were used to evaluate the nutrition state and organic matter pollution of the water in this area. The results indicated that the indices, including DO and COD, satisfied the second class of seawater quality standards, whereas the concentrations of inorganic nitrogen, active phosphate and petroleum exceeded the second class of the standard. The water quality exceeded the standard much severely in winter and spring. The main pollutants beyond the standard in winter were inorganic nitrogen and petroleum, while in spring

were inorganic nitrogen and active phosphate. Generally, the organic pollution was not quit serious in this mariculture zone though the eutrophication became severe.

**Key words:**marine chemistry; mariculture zone; seawater quality evaluation; nutritional status; organic polluted condition; Yanpu Bay

DOI:10. 3969/J. ISSN. 2095-4972. 2017. 03. 009

(责任编辑:方建勇)