

广东流沙湾近岸和离岸育珠海区养殖环境的调查

栗志民, 刘志刚, 梁春桥, 彭海龙, 宋慧歌, 秦艳平, 雷度运

(广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 2011年2月~2012年1月对广东流沙湾近岸和离岸育珠海区6个航次11个指标进行了调查。结果表明, 近岸和离岸育珠海区水温、透明度、盐度和pH周年变化范围相似, 水温呈现明显季节性变化, 透明度、盐度和pH周年比较稳定, 揭示目前流沙湾近岸和离岸育珠海区水流交换较好。近岸和离岸育珠海区叶绿素a和浮游植物细胞密度具有类似的周年变化规律, 夏秋季高于冬春季。在4~7月份和9~10月份, 近岸海区叶绿素a和浮游植物细胞密度呈现显著递增趋势, 而10月份之后, 显著递减。2~4月份, 以及12月份至次年1月份, 叶绿素a值和浮游植物细胞密度均较低。5~11月份, 离岸海区叶绿素a和浮游植物细胞密度均显著低于近岸海区。近岸和离岸育珠海区COD含量周年变化范围分别为0.2~0.7 mg/L和0.1~0.8 mg/L, 均达到国家一类水质标准。近岸海区和离岸海区无机氮(inorganic nitrogen, IN)含量周年变化范围分别为1.9~8.0 $\mu\text{mol/L}$ 和3.4~8.7 $\mu\text{mol/L}$, 均达到国家第二类水质标准。两个海区IN含量的周年变化趋势与叶绿素a值和浮游植物细胞密度的周年变化趋势相反, 冬春季高于夏秋季。无机磷(inorganic phosphorus, IP)在流沙湾近岸和离岸海区含量具有相似的周年变化趋势, 其季节性变化与无机氮恰好相反, 表现为夏、秋季含量高于冬、春季。6~8月份, 近岸海区IP超出国家二类水质标准分别达44.67%、96.33%和210%, 离岸海区在相同的月份超出国家二类标准分别达75.67%、86%和230.67%。揭示在夏、秋季节应合理控制贝类养殖密度和流沙湾周边环境的污染。

关键词: 流沙湾; 近岸海区; 离岸海区; 养殖环境; 水质分析

中图分类号: S931.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)02-0063-08

doi: 10.11759/hyxx20130506004

流沙湾位于广东省湛江市徐闻县西部、雷州市西南部交界海域(20°22'~20°31'N, 109°55'~110°1'E), 是一个口小腹大呈葫芦形的半封闭型海湾, 面积约69 km², 周围无大河注入, 属热带季风性气候, 从珍珠的生态学上来看, 非常适宜珍珠的培育, 现已成为中国海水珍珠贝苗和海水珍珠的重要生产基地之一^[1-2]。然而, 随着珍珠养殖技术的推广, 流沙湾珍珠养殖面积急剧扩大, 海湾水质和底质环境质量大幅度下降, 从而导致珠母贝病害频发, 培育的珍珠颗粒变小、珠层变薄、品质下降, 商品价值降低, 在国际市场竞争力明显减弱^[3]。近年来, 流沙湾近岸海域养殖环境和养殖容量已成为日益关注的热点。例如, 许多学者综合评价了流沙湾的养殖环境质量, 包括海水有机污染、营养水平、重金属的累积程度和潜在生态危害^[4-5], 探讨了流沙湾海水中溶解氧的分布特征及其相关因素^[6], 揭示了流沙湾悬浮物数量动态变化规律^[3], 调查并分析了流沙湾底栖大型海藻种类、生态分布和珍珠贝养殖海区的多毛类寄生虫病^[7-8], 以及研究了流沙湾马氏珠母贝的养殖容量^[9]。这些研究为改善流沙湾近岸养殖水域提供了参考。

目前, 流沙湾近岸海区养殖水域立桩吊养面积和水域承载量过大, 已经导致了珍珠贝病害频发和大量死亡现象。因此, 开发和利用离岸海区进行珍珠培育已显得十分必要。以前的研究多局限在流沙湾近岸海区珍珠贝的养殖环境, 对离岸海区养殖环境的研究还比较缺乏。本研究针对流沙湾近岸育珠海区和离岸育珠海区养殖环境现状进行调查和比较, 为流沙湾近岸海区珍珠贝的健康养殖, 以及为开发和利用流沙湾离岸海区进行珍珠培育提供资料。

1 调查与方法

1.1 采样站位设置

本次调查海域分为近岸海区和离岸海区, 其中近

收稿日期: 2013-09-10; 修回日期: 2013-11-13

基金项目: 广东省科技计划项目(2010B020201014, 2011GA780001, 2009B020415015); 广东省海洋渔业科技推广专项(A200908E05, A201008A01); 广东省教育厅项目(GCZX-A0909)

作者简介: 栗志民(1972-), 男, 辽宁兴城人, 副教授, 博士, 主要从事贝类养殖、生态和生理研究, E-mail: lizhimin811@163.com; 刘志刚, 通讯作者, E-mail: lzg919@21cn.com

岸海区在低潮线下 100 m 左右, 满潮水深约 6 m, 退潮水深约 3 m, 马氏珠母贝采用立桩养殖, 设 3 个站位, 分别为 A(109°49'6"E, 20°34'47"N)、B(109°49'28"E, 20°34'36"N)和 C(109°49'13"E, 20°33'56"N)。离岸海区距离岸边 3 000 m 左右, 满潮水深约 12 m, 退潮水深约 9 m, 马氏珠母贝采用浮子延绳筏养殖, 设 3 个站位, 分别为 A'(109°47'41"E, 20°34'46"N)、B'(109°47'48"E, 20°34'12"N)和 C'(109°47'41"E, 20°34'40"N)。详见图 1。

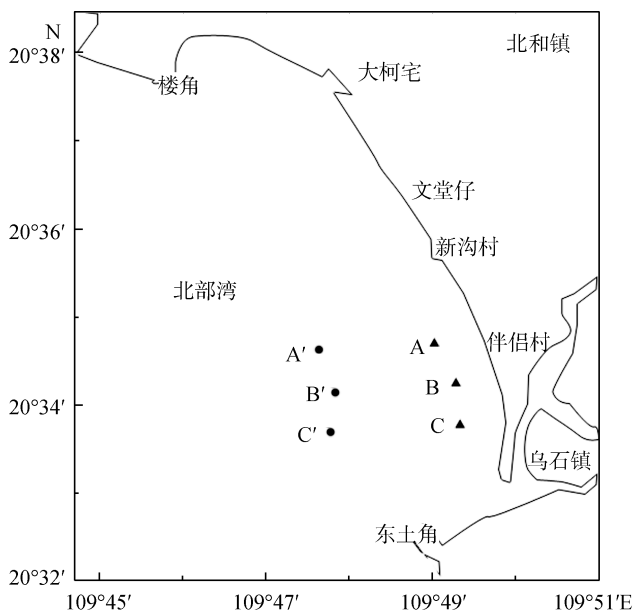


图 1 采样站位分布图

Fig. 1 Distribution of sampling stations

1.2 调查项目及样品采集

依照《海洋监测规范》^[10], 2011 年 2 月~2012 年 1 月每月对流沙湾进行一次海上取样调查, 调查项目有: 水温、透明度、盐度、pH、叶绿素 a、浮游植物密度、COD、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、和 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 。温度、透明度、盐度、pH 现场测得, 其他项目用自制采水器采集水样, 当天送实验室分析。分别在近岸和离岸育珠海区各站位的表层、中层和底层采集水样, 各个项目取 3 个水层的平均值。

1.3 样品测试方法

依据国家《海洋监测规范》^[10], 水温用水银温度计测定; 透明度用透明度盘测定; 盐度用 SYY1-1 型光学折射盐度计; pH 用 pH S-3C 型精密 pH 计; 叶绿素 a 用分光光度法, COD 用高锰酸钾法; $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 用磷钼蓝法; $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 用次溴酸钠氧化法; $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 用锌-镉

还原法; $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 用重氮-偶氮法。

1.4 数据分析

近岸和离岸海区调查项目的所有实验数据分别采用 3 个站位及 2 个重复组的平均值 (Mean) ± 标准差 (SD) 表示, 作图采用 EXCEL 2003。

2 结果

2.1 近岸和离岸育珠海区水温、透明度、盐度和 pH 周年变化比较

一周年内不同月份近岸和离岸育珠海区水温、透明度、盐度和 pH 的调查结果如表 1 和表 2。从表 1 和表 2 可以看出, 近岸和离岸育珠海区水温在一周年呈现相似的变化趋势, 近岸海区水温周年变化范围为 16.1~31.3 °C、平均为 25.3 °C, 离岸海区水温周年变化范围为 16.0~30.8 °C、平均为 25.1 °C, 二者差异不显著 ($P > 0.05$)。2~8 月为升温期, 其中, 4~5 月, 温度升高幅度较大, 9 月至次年 1 月为降温期, 其中, 9~10 月降温幅度较大。近岸和离岸育珠海区, 较高海水温度均出现在 5~9 月, 平均海水温度为 30 °C 左右。近岸育珠海区水温在 8 月最高, 平均温度为 31.3 °C, 离岸育珠海区水温在 7 月最高, 平均温度为 30.8 °C。近岸和离岸育珠海区最低温度都出现在 1 月, 分别为 16.1 °C 和 16.0 °C。

在采样监测的月份内, 近岸和离岸育珠海区周年海水平均透明度相似, 均为 1.35 m 左右, 其中, 近岸海区海水透明度年变化为 0.7~2.0 m、离岸海区的年变化为 1.0~2.1 m。近岸海区海水透明度在 2 月、3 月和 5 月海水透明度较高, 而离岸海区海水透明度在 2 月和 3 月较高。

近岸育珠海区周年海水盐度变化范围为 30.3~39.0、平均海水盐度 33.5, 离岸育珠海区周年海水盐度变化范围为 31.7~39.6、平均海水盐度 34.3, 略高于近岸海区。从盐度周年变化趋势来看, 近岸海区盐度在 2 月、3 月、4 月份盐度较低, 而离岸海区在 2~11 月份, 盐度变化幅度不大, 在 12 月份至次年 1 月份, 两个海区盐度均有显著提高。从 pH 来看, 近岸和离岸育珠海区 pH 均比较稳定, 变化范围为 8.2~8.3。

2.2 近岸和离岸育珠海区叶绿素 a 和浮游植物细胞密度周年变化

从图 2 可以看出, 近岸育珠海区叶绿素 a 较高值出现在 5~11 月份, 变化范围为 5.0~7.0 $\mu\text{g/L}$, 其他月

表1 近岸育珠海区水温、透明度、盐度和 pH 调查结果(M±SD)

Tab.1 Results of the survey items in inshore pearl-cultivating sea areas

调查项目	月份											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
t(°C)	20.3±0.4	21.7±0.3	24.4±0.2	29.8±0.4	30.6±0.7	30.7±0.8	31.3±0.8	29.9±0.1	24.0±0.2	23.6±0.2	20.6±0.2	16.1±0.1
透明度(m)	2.0±0.1	1.9±0.15	1.4±0.1	1.9±0.12	1.2±0.1	1.3±0.15	1.1±0.16	1.2±0.12	1.1±0.09	1.4±0.1	0.7±0.14	1.0±0.08
S	30.3±0.2	30.5±0.2	30.4±0.4	34.8±1.4	33.8±0.3	32.5±1.7	35.6±0.5	32.9±0.2	32.3±0.2	32.3±0.2	37.3±1.0	39.0±1.3
pH	8.2±0.04	8.2±0.01	8.2±0.03	8.2±0.04	8.2±0.05	8.2±0.05	8.3±0.03	8.2±0.12	8.3±0.09	8.3±0.07	8.2±0.01	8.3±0.02

表2 离岸育珠海区水温、透明度、盐度和 pH 调查结果(M±SD)

Tab.2 Results of the survey items in offshore pearl-cultivating sea areas

调查项目	月份											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
t(°C)	19.8±0.1	21.2±0.2	23.9±0.1	29.7±0.4	30.3±0.7	30.8±0.3	30.5±0.5	29.8±0.3	24.2±0.3	23.9±0.4	20.8±0.3	16.0±0.1
透明度(m)	2.1±0.12	2.1±0.06	1.4±0.08	1.4±0.15	1.0±0.1	1.4±0.12	1.2±0.1	1.3±0.05	1.2±0.06	1.2±0.08	1.0±0.05	1.0±0.09
S	31.7±0.3	32.4±0.7	31.7±0.3	35.1±0.3	35.0±0.1	34.5±0.1	34.8±0.9	33.6±1.0	32.3±0.1	32.3±0.1	38.9±0.8	39.6±0.1
pH	8.2±0.01	8.2±0.02	8.2±0.02	8.2±0.06	8.2±0.09	8.2±0.07	8.2±0.04	8.2±0.02	8.3±0.03	8.3±0.01	8.3±0.09	8.3±0.06

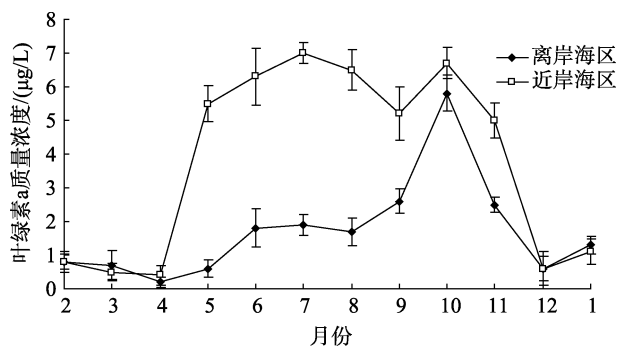


图2 近岸海区和离岸海区 Chl-a 的周年变化

Fig. 2 Annual variation of Chl-a in inshore and offshore sea areas

份叶绿素 a 含量均较低, 4~5 月份和 11~12 月份叶绿素 a 值分别出现了显著升高和降低。离岸海区叶绿素 a 基本呈现先升高后降低的趋势, 较高值出现在 6~11 月份, 变化范围为 1.7~5.8 µg/L, 最大值出现在 10 月份, 达 5.8 µg/L, 其他月份叶绿素 a 含量较低。方差分析表明, 5~11 月份, 近岸和离岸海区叶绿素 a 值差异显著($P < 0.05$), 其他月份差异不显著。

如图3所示, 在采样监测的月份内, 近岸育珠海区浮游植物细胞密度较高值出现在5~11月份, 变化范围为154.7~296.3个/mL, 其他月份细胞密度均较低, 4~5月份和11~12月份细胞密度分别出现了显著升高和降低。离岸海区细胞密度基本呈现峰值变化趋势, 较高值出现在6~11月份, 变化范围为64.2~176.4个/mL, 最大值出现在10月份, 达176.4个/mL, 2~5月份和12至次年1月份细胞密度较低。方差分析表明, 5~11月份, 近岸和离岸海区浮游植物细胞密度

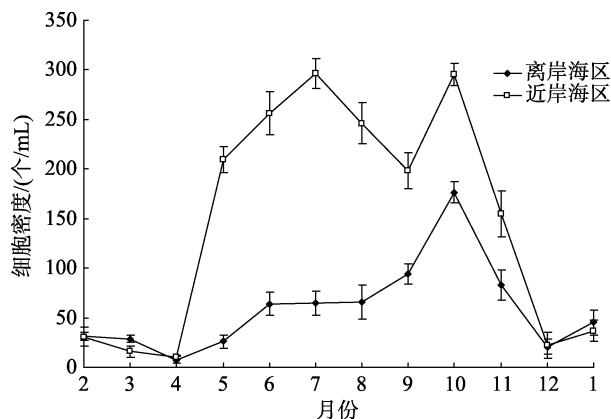


图3 近岸海区和离岸海区浮游植物细胞密度的周年变化
Fig. 3 Annual variation of phytoplankton cell density in inshore and offshore sea areas

差异显著($P < 0.05$), 其他月份差异不显著。

2.3 近岸和离岸育珠海区 COD、IN、IP 周年变化

图4显示, 在一周年中近岸和离岸育珠海区 COD 含量均呈现波动变化, 其中近岸海区 COD 变化范围为 0.2~0.7 mg/L、平均值分别为 0.53 mg/L。离岸育珠海区 COD 变化范围为 0.1~0.8 mg/L、平均值为 0.43 mg/L, 低于近岸海区, 在 2~4 月份和 6~9 月份, COD 值呈递减趋势, 4~6 月份和 9~11 月份, COD 值呈显著升高趋势, 12 月份之后, COD 值再降低。

从图5可以看出, 近岸育珠海区磷酸盐含量变化范围为 0.2~3.0 µmol/L, 平均为 0.83 µmol/L, 离岸海区磷酸盐含量变化范围为 0.1~3.2 µmol/L, 平均为

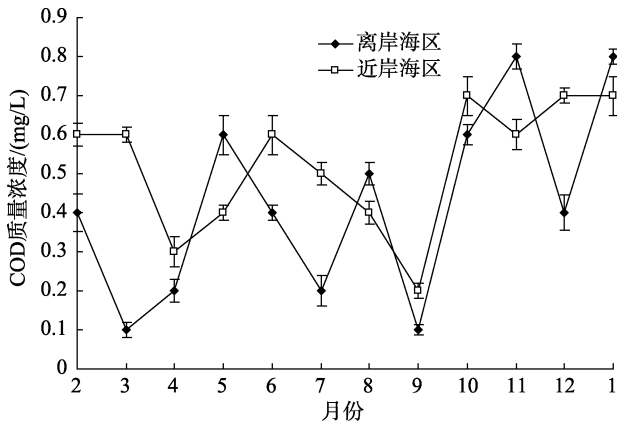


图4 近岸海区 and 离岸海区 COD 含量的周年变化

Fig. 4 Annual variation of COD in inshore and offshore sea areas

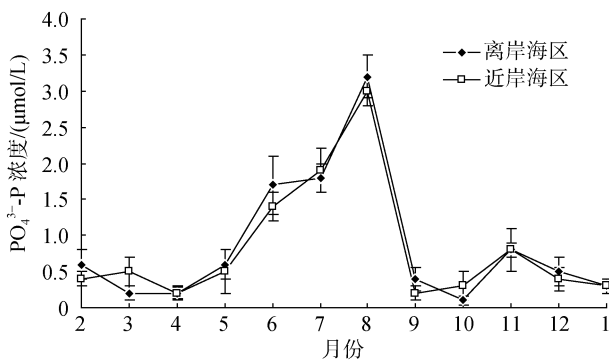


图5 近岸海区 and 离岸海区 $PO_4^{3-}-P$ 的周年变化

Fig. 5 Annual variation of $PO_4^{3-}-P$ in inshore and offshore sea areas

0.87 $\mu\text{mol/L}$, 与近岸海区比较, 差异不显著 ($P > 0.05$)。从周年变化来看, 近岸和离岸海区磷酸盐含量均呈现相似的峰值变化趋势, 6~8 月份, 近岸和离岸海区磷酸盐含量均处于较高水平, 其含量分别为 1.4~3.0 $\mu\text{mol/L}$ 和 1.7~3.2 $\mu\text{mol/L}$, 而其他月份磷酸盐水平较低, 其含量不超过 1 $\mu\text{mol/L}$ 。

从图 6 可以看出, 近岸育珠海区氨氮含量变化范围为 0.5~2.1 $\mu\text{mol/L}$, 平均为 1.33 $\mu\text{mol/L}$, 离岸海区氨氮含量变化范围为 0.4~2.5 $\mu\text{mol/L}$ 、平均为 1.39 $\mu\text{mol/L}$ 。从周年变化来看, 近岸海区从 3 月份至 7 月份, 氨氮水平呈持续下降趋势, 类似的现象在离岸海区出现在 3 月份至 8 月份, 此后, 氨氮水平在两个海区均呈现波动性升高, 在次年 1 月份达到最大值。方差分析表明, 近岸海区与离岸海区, 在 8 月份和 11 至次年 1 月氨氮水平差异显著 ($P < 0.05$), 其他月份差异不显著 ($P > 0.05$)。

从图 7 可以看出, 近岸育珠海区硝酸盐含量变化范围为 0.7~4.9 $\mu\text{mol/L}$, 平均为 2.83 $\mu\text{mol/L}$, 离岸

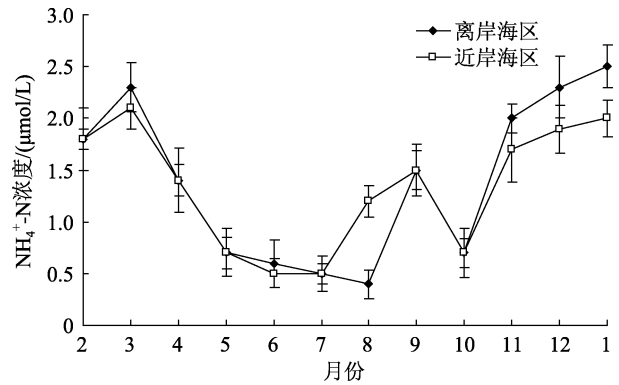


图6 近岸海区 and 离岸海区 NH_4^+-N 的周年变化

Fig. 6 Annual variation of NH_4^+-N in inshore and offshore sea areas

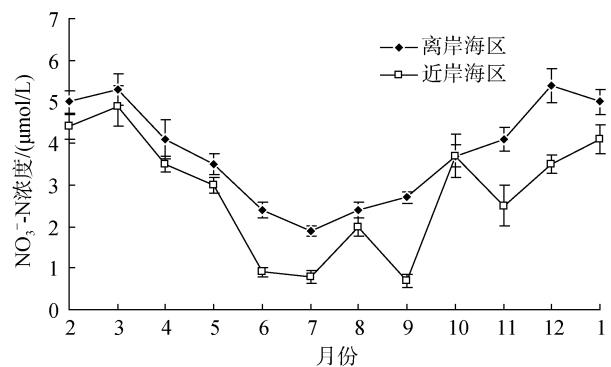


图7 近岸海区 and 离岸海区 $NO_3^- -N$ 的周年变化

Fig. 7 Annual variation of $NO_3^- -N$ in inshore and offshore sea areas

海区硝酸盐含量变化范围为 1.9~5.4 $\mu\text{mol/L}$ 、平均为 3.79 $\mu\text{mol/L}$, 二者比较, 差异显著 ($P < 0.05$)。从硝酸盐含量的周年变化来看, 近岸海区在 2~3 月份氨氮含量较高, 然后持续下降, 7 月份之后呈波动性升高, 在次年 1 月达到最大值, 离岸海区在 2~3 月份硝酸盐水平较高, 然后持续下降, 7 月份时达最小值, 然后持续升高, 在 12 月达到最大值。

从图 8 可以看出, 近岸海区亚硝酸盐含量年变化范围为 0.3~2.2 $\mu\text{mol/L}$, 平均为 1.01 $\mu\text{mol/L}$, 离岸海区亚硝酸盐含量年变化范围为 0.4~2.1 $\mu\text{mol/L}$, 平均为 1.08 $\mu\text{mol/L}$, 与近岸海区比较, 差异不显著 ($P > 0.05$)。近岸海区亚硝酸盐含量在 7 月份达到最高值 (2.2 $\mu\text{mol/L}$), 离岸海区亚硝酸盐含量在 4 月份到达最高值 (2.1 $\mu\text{mol/L}$)。

由于 IN 是 NH_4^+-N 、 $NO_3^- -N$ 和 $NO_2^- -N$ 三者之和, 从图 9 可以看出, 近岸海区 IN 含量年变化范围为 1.9~8.0 $\mu\text{mol/L}$, 平均为 5.18 $\mu\text{mol/L}$, 离岸海区 IN 含量年变化范围为 3.4~8.7 $\mu\text{mol/L}$, 平均为 6.27 $\mu\text{mol/L}$ 。二者比较, 差异显著 ($P < 0.05$)。从 IN

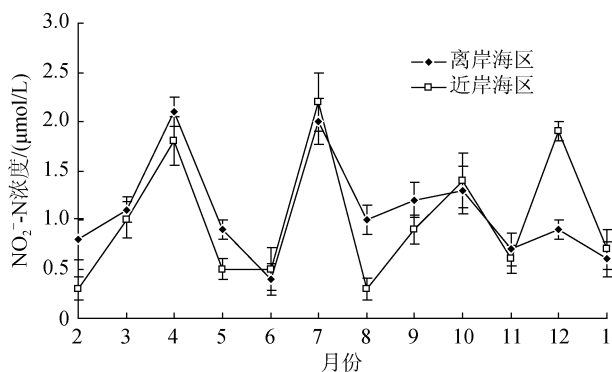


图8 近岸海区和离岸海区 NO₂-N 的周年变化

Fig. 8 Annual variation of NO₂-N in inshore and offshore sea areas

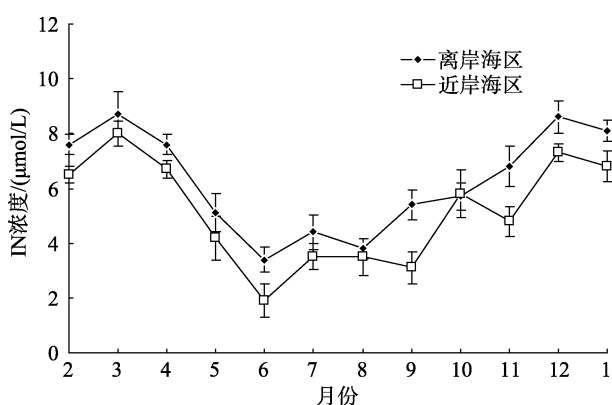


图9 近岸海区和离岸海区 IN 的周年变化

Fig. 9 Annual variation of IN in inshore and offshore sea areas

含量的周年变化来看,近岸海区在2~3月份IN含量小幅度升高,然后持续下降,6月份降为最低(1.9 μmol/L),之后呈波动性升高,在12月份达到最大值,离岸海区在2~3月份IN水平小幅度升高,然后持续下降,6月份时达最小值(3.4 μmol/L),然后持续升高,12月达到最大值。

3 讨论

3.1 流沙湾近岸育珠海区和离岸育珠海区水温、透明度、盐度和pH的比较

一般生物对环境因素的变化,各有一定的适应范围,接近或超过这个范围的界限,这些因素就成了限制生物生活的因素。贝类生活与周围环境密切相关,水温、透明度、盐度和pH等环境因素是否适宜,能加速或阻碍贝类的生长和死亡^[11]。

从此次调查来看,比较流沙湾近岸和离岸育珠海区几种环境因子的周年变化范围,可以发现离岸

海区水温(16.0~30.8 °C)、透明度(1.0~2.1m)、盐度(31.7~39.6)和pH(8.2~8.3)与近岸海区水温(16.1~31.3)、透明度(0.7~2.0m)、盐度(30.3~39.0)和pH(8.2~8.3)周年变化范围基本一致。从几种环境因子的季节性的变化规律来看,近岸海区和离岸海区的水温呈现相似的季节变化。3~5月温度回升,特别是4~5月,温度升高幅度较大。5~9月海水温度较高,变化幅度不明显,平均海水温度为30 °C左右。9~10月降温幅度较大,近岸和离岸育珠海区最低温度都出现在1月份。以前的研究表明,当水温上升到25 °C以上时,马氏珠母贝精、卵成熟,而产卵的高潮还需要水温的剧烈变化刺激才能形成^[12]。本研究表明,4~5月份和9~10月份在近岸和离岸育珠海区均具有马氏珠母贝繁殖盛期的水温条件,支持了以前的研究结果。在采样监测的月份内,近岸和离岸育珠海区周年海水平均透明度相似,均为1.35 m左右。在12月份至次年3月份,近岸海区和离岸海区海水透明度显著提高,可能与这几个月为马氏珠母贝的收珠期有关。近岸育珠海区周年平均海水盐度33.5,而离岸育珠海区周年平均海水盐度34.3,虽略高于近岸海区,但为马氏珠母贝适宜盐度范围。从盐度周年变化来看,近岸和离岸海区海水盐度均保持在30以上,表明目前流沙湾马氏珠母贝养殖海区水交换较好,受陆地影响较小。从pH来看,近岸和离岸育珠海区pH均比较稳定,变化范围为8.2~8.3,也证实目前流沙湾马氏珠母贝养殖海区水质稳定,受陆地影响较小。依据国家《海水水质标准》(GB 3097-1997)^[13],近岸和离岸海区水温和pH达到国家第二类水质标准。可见,目前流沙湾近岸育珠海区环境尚好,离岸育珠海区周年进行马氏珠母贝养殖可行。

3.2 流沙湾近岸育珠海区和离岸育珠海区叶绿素a和浮游植物细胞密度的比较

叶绿素a值的变化可以反映海区浮游植物变化的一般规律,叶绿素a值高相对该海区的浮游植物的量也大^[14]。本研究表明近岸和离岸育珠海区叶绿素a和浮游植物细胞密度变化规律相似。从流沙湾叶绿素a的周年变化曲线来看(图2),4~7月份叶绿素a呈显著递增趋势,这是因为春季4~7月份流沙湾水温显著提升,浮游植物大量繁殖,珍珠贝摄食压力减弱,叶绿素a的提升加快。7月份之后,当年培育的马氏珠母贝已经相继下海养殖,贝类摄食量加大抑制了浮游植物生长,叶绿素a水平降低。9~10月份,随水温大

幅度降低(表1, 表2), 贝类摄食减弱, 叶绿素a值又有所提升。在2~4月份, 以及12月至次年1月份, 叶绿素a值均较低, 这可能与这几个月份水温较低有关。离岸海区叶绿素a值基本呈现峰值变化趋势, 最大值出现在10月份, 达5.8 $\mu\text{g/L}$, 受养殖贝类影响较小, 在5~11月份, 叶绿素a和浮游植物细胞密度均低于近岸海区, 可能与近岸和离岸海区海水营养盐含量有关。李建军等^[15]认为高密度贝类养殖区, 由于环境因子的变化以及贝类摄食的影响, 叶绿素a的测定值只是海区现存量的评估, 在评价海区养殖容纳量时, 一定要考虑已养贝类的影响。其原因是海区中的叶绿素a值的变化基本反映了海区中浮游植物的现存量, 而海水中浮游植物的现存量受到养殖贝类摄食的控制, 本研究也证实了这一研究结论。

3.3 流沙湾近岸育珠海区和离岸育珠海区 COD、IN、IP 的比较

COD、IN与 IP是反映海区营养成分的重要指标, 也可以量化海域的污染程度^[14]。流沙湾近岸和离岸育珠海区COD含量周年变化范围分别为0.2~0.7 mg/L和0.1~0.8 mg/L。依据国家《海水水质标准》(GB 3097-1997)^[13], 近岸和离岸海区COD含量达到国家第一类水质标准。从COD值周年变化来看(图4), 近岸和离岸海区COD值变化趋势相似, 在2~4月份, COD值呈递减趋势, 这与12月份至次年3月份为马氏珠母贝的收珠期, 海区马氏珠母贝养殖密度较小, 排泄量降低有关。4~6月份, COD值开始回升, 这可能与随水温的升高, 海区珍珠贝及其他贝类进入生长季节, 排泄量增加有关。6~9月份, COD值呈显著递减趋势, 这与珍珠贝进入繁殖盛期, 以及水温处于全年最高, 贝类摄食量有所减弱, 排泄量降低有关。9~11月份, COD值呈显著升高趋势, 是由于这几个月温度回落, 正是育珠的季节, 海区马氏珠母贝养殖密度增加, 摄食量增加导致排泄量激增。12月份之后, 随着进入收珠季节, 海区马氏珠母贝养殖密度降低, COD值降低。本研究提出海区COD值的变化与珍珠贝的养殖有关, 支持了王增焕^[4]的研究结论。

同无机氮一样, 无机磷(IP)也是海洋生物的主要生源要素, 其含量高低对海区的初级生产力影响极大。无机磷在流沙湾近岸和离岸海区含量具有相似的周年变化趋势。其季节性分布与无机氮恰好相反, 表现为夏、秋季含量高于冬、春季。夏、秋季节浮游植物生长旺盛, 是贝类养殖的主要季节。包括贝类

的排泄物等在内的还原性有机物质增加。贝类的排泄物分解和浮游植物的代谢更新加速磷(P)的转化, PO_4^{3-} 的含量升高。本研究结果与王增焕等^[4]的研究结果类似。依据国家《海水水质标准》(GB 3097-1997)^[13]对流沙湾的IP进行分析, 近岸和离岸海区, 6~8月份, 近岸海区IP超出第二类水质标准分别达44.67%、96.33%和210%, 离岸海区在6~8月份IP超出第二类水质标准分别达75.67%、86%和230.67%, 其余月份均在二类标准之内。目前, 流沙湾周边地区依然以水产养殖和农业种植为主, 没有包括工业污染在内的大的污染源, 水质环境总体尚好。但是, 从本次调查发现, 流沙湾珍珠贝养殖海区已开始出现富营养化迹象, 特别在夏季尤为明显。引起水体富营养化的原因一方面来自于人工高密度养殖所引起的珍珠贝类死亡和贝类大量排泄物在养殖环境中的生物沉降, 在夏秋季节贝类摄食旺盛, 排泄量大, 极易水体富营养化^[16]。另一方面与养殖区所处的环境和气候有关, 每年4~10月份, 湛江雷州半岛常出现暴雨和台风天气, 由于贝类养殖区处于近岸浅水区, 因此大量陆源性有机质被带入养殖区^[17]。此外, 近岸许多地方出现围隔式对虾养殖, 雷州半岛处于热带, 每年夏季和秋季温度较高, 是对虾养殖旺季, 产生更多养殖污水^[18-19]。现场调查发现, 这些养殖污水未经处理就直接排入海中, 因此我们提出在夏秋季节不仅应合理控制贝类养殖密度, 而且要治理流沙湾周边环境的污染。本研究也支持了柯常亮等^[5]的研究结果。

4 结论

流沙湾近岸和离岸育珠海区海水温度、盐度、透明度和pH周年变化范围基本一致。水温呈现明显季节性变化, 透明度、盐度和pH周年比较稳定, 揭示目前流沙湾近岸和离岸育珠海区水流交换较好。

近岸和离岸育珠海区叶绿素a和浮游植物细胞密度周年变化规律相似, 主要受水温和珍珠贝摄食压力影响。

流沙湾近岸和离岸育珠海区COD含量达到国家第一类水质标准。近岸和离岸海区COD值周年变化趋势相似, 其变化规律可能与珍珠贝养殖密度、排泄量有关。

流沙湾近岸和离岸海区IN含量达到国家第二类水质标准。近岸和离岸海区IN含量的周年变化趋势与两个海区叶绿素a值和浮游植物细胞密度的周年变化趋势恰恰相反。表现为冬季海水中IN含量较高,

叶绿素a值和浮游植物细胞密度相对较低,而夏季刚好相反,主要因为浮游植物大多在水温较高的季节里繁殖较快,冬季海水因水温较低IN被浮游植物利用较少而得到积蓄。

无机磷在流沙湾近岸和离岸海区含量具有相似的周年变化趋势。其季节性分布与无机氮恰好相反,表现为夏、秋季含量高于冬、春季。这是因为夏、秋季节浮游植物生长旺盛,贝类的排泄物分解和浮游植物的代谢更新加速了磷(P)的转化, PO_4^{3-} 的含量升高。对流沙湾的IP分析表明,近岸和离岸海区,6~8月份,近岸和离岸海区IP均超出第二类水质标准,揭示流沙湾珍珠贝养殖海区夏秋季已开始出现富营养化迹象。

参考文献:

- [1] 章洁香, 曾久胜, 张瑜斌, 等. 流沙湾叶绿素 a 的时空分布及其与主要环境因子的关系[J]. 海洋通报, 2010, 29(5): 514-520.
- [2] 李雪英, 孙省利, 赵利容, 等. 流沙湾海水中石油烃的时空分布特征研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(5): 908-912.
- [3] 申玉春, 齐明, 朱春华, 等. 流沙湾悬浮物数量动态变化规律的初步研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 397-402.
- [4] 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.
- [5] 柯常亮, 王增焕, 李刘冬, 等. 广东省流沙湾贝类养殖环境质量评价[J]. 江苏农业科学, 2011, 1: 336-338.
- [6] 谢群, 张瑜斌, 孙省利, 等. 流沙湾溶解氧的分布特征及其相关因素的探讨[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(9): 39-44.
- [7] 谢恩义, 申玉春, 叶宁, 等. 流沙湾的底栖大型海藻调查[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(4): 30-35.
- [8] 梁飞龙, 刘永, 邓陈茂, 等. 广东雷州流沙湾养殖企鵝珍珠贝多毛类寄生虫病的调查[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(2): 84-89.
- [9] 朱春华, 申玉春, 谢恩义, 等. 湛江流沙湾马氏珠母贝的养殖容量[J]. 热带海洋学报, 2011, 30(3): 76-81.
- [10] 中国国家标准化管理委员会. 海洋监测规范(GB/T17378.4-2007)[S]. 北京: 中国标准化出版社, 2008.
- [11] 蔡英亚, 张英, 魏若飞. 贝类学概论[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996: 97-100.
- [12] 国家环境保护局. 海水水质标准(GB/3097—1997)[S]. 北京: 中国标准化出版社, 1997.
- [13] 王如才, 王昭萍. 海水贝类养殖学[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2008, 272-273.
- [14] 毕远溥, 董婧, 王文波, 等. 小窑湾海水养殖环境现状的研究[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(4): 30-33.
- [15] 李建军, 毕远溥. 小窑湾贝类养殖对叶绿素 a 及初级生产力的影响[J]. 水产科学, 2003, 22(3): 7-9.
- [16] 吴耀泉. 筏式贝类排泄物对水质的污染[J]. 齐鲁渔业, 1996, 13(3): 33.
- [17] 张羽, 牛生杰, 吴德平, 等. 雷州半岛气象灾害及防御对策[J]. 海洋预报, 2003, 23(增刊): 27-33.
- [18] 陈理森. 雷州半岛近 40 年来气温和降水的变化[J]. 广东气象, 2001, 2: 29-30.
- [19] 王建平, 吴雄飞, 斯烈钢. 高温季节南美白对虾养殖管理要点[J]. 水产养殖, 2006, 27(6): 30-31.

Investigation of culture environment in inshore and offshore pearl-cultivating sea areas of Liusha bay

LI Zhi-min, LIU Zhi-gang, LIANG Chun-qiao, PENG Hai-long, SONG Hui-ge, QIN Yan-ping, LEI Du-yun

(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Received: Sep., 10, 2013

Key words: Liusha bay; Inshore sea areas; Offshore sea areas; Culture environment; Water quality analysis

Abstract: In this paper, 11 factors including water temperature, transparency, salinity, pH, chlorophyll a, phytoplankton cell density, COD, NH_4^+ -N, NO_3^- -N, NO_2^- -N and PO_4^{3-} -P in inshore and offshore pearl-cultivating areas of Liusha bay in Guangdong from Feb. 2011 to Jan. 2012 were surveyed. The results showed that the annual variation ranges of water temperature, transparency, salinity and pH were similar. Water temperature exhibited significant seasonal variations, and transparency, salinity and pH were stable in anniversary, which revealed that water exchange in inshore and offshore pearl-cultivating sea areas of Liusha bay was better at present. Chl-a and phytoplankton cell density have similar annual variation, with a higher value in summer and autumn than in winter and spring. From April to July, and from September to October, the chl-a and phytoplankton cell density showed a significant increasing trend, which significantly decreased after October. From Feb. to Apr. and from Dec. to next Jan, the chl-a and phytoplankton cell density were quite low. In addition, the chl-a and phytoplankton cell density in offshore sea areas were significantly lower than in inshore sea areas from May to November. The annual variation ranges of COD content in the inshore and offshore sea areas were 0.2-0.7 and 0.1-0.8 mg/L, respectively, reaching the first class water quality standard of the nation. The annual variation ranges of IN content in inshore and offshore sea areas were 1.9-8.0 and 3.4 -8.7 $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ respectively, both reaching the second class water quality standard of the nation. The IN content in inshore and offshore sea areas in winter and spring is higher than summer and autumn, which was opposite to the annual variation trend of chl-a and phytoplankton cell density. The IP content exhibited a similar annual variation in inshore and offshore sea areas, which was opposite to seasonal variation trend of IN, with a higher value in summer and autumn than in winter and spring. From June to August, the IP content in the inshore sea area beyond the second class water quality standard of the nation was up to 44.67%, 96.33% and 210%, respectively, and the IP content in the offshore sea area beyond the second class water quality standard of the nation was up to 75.67%, 86% and 230.67%, respectively, which revealed that breeding density of shellfish and surrounding environment pollution should be reasonably controlled in summer and autumn.

(本文编辑: 梁德海)