

湄洲湾水质季节变化特征及评价*

蔡真珍¹, 王 宪², 郑盛华²

(1. 厦门海洋职业技术学院, 福建 厦门, 361012; 2. 厦门大学 海洋与环境学院, 亚热带海洋研究所, 福建 厦门, 361005)

摘要: 根据 2005 年 1 月 ~ 2005 年 11 月间 4 个航次的调查资料, 阐述了湄洲湾海域营养盐的变化特征, 并对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、pH、盐度、DO、COD 和叶绿素等进行了分析, 对海域进行了富营养化评价及有机污染评价。结果表明: 该海域 N、P 营养盐随月份呈现不同的变化规律。不同季节的 N/P 值变化较大。根据有机污染评价, 湄洲湾海域属于水质较好类型; 富营养化评价的结果显示, 湄洲湾海域秋季和冬季处于富营养化状态。

关键词: 湄洲湾; N; P; 富营养化; 有机污染

中图分类号: X834; P734.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6336(2008)02-0161-04

Seasonal variation and assessment of water quality in Meizhou Bay

CAI Zhen-zhen¹, WANG Xian², ZHENG Sheng-hua²

(1. Xiamen Ocean Vocational College, Xiamen 361012, China; 2. College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: On basis of in-situ detecting data during 4 cruises from January to November in 2005, variation features of inorganic nitrogen and phosphate in Meizhou Bay were analyzed, so were the parameters such as pH, salinity, DO, COD and chlorophyll a. Combined with the economy developing status of Meizhou Bay, the main parameters of water quality, the status of nourishment and organic pollution were assessed. The results indicate that, the value of N/P varies with seasons, and the water quality is comparatively fine based on the organic pollution estimation, when in autumn and winter, Meizhou Bay is rich in nutrients, which is based on the estimation of nourishment. Suggestions were also made on the basis of the results of water investigation of Meizhou Bay.

Key words: Meizhou Bay; inorganic nitrogen and phosphate nutrient; eutrophication; organic pollution

湄洲湾位于福建中部沿海, 泉州市和莆田市的交界处, 地理位置适中, 海岸线总长 289 km, 其中 10 m 以上天然深水岸线长达 30 余 km, 水域面积 516 km²。湾内三面大陆环抱, 无大溪河注入, 具有深水和潮差大特点。湄洲湾为半封闭性海湾, 处于南海暖流和浙闽沿岸流的交汇地带, 水域自然条件优越。湄洲湾海域是湄洲湾开发区的重要部分。

前人曾对该海湾进行过相关的研究, 多集中在对该海域的营养状况分析、表层沉积物、生物体中重金属及其他污染物的分析。罗冬莲等 (1998) 对湄洲湾北部的贝类养殖区的调查资料分析了表层沉积物中重金属、有机质的含量及其相关性^[1]。高淑英等 (1994) 的研究表明湄洲湾生物体内重金属含量与国内外某些海域相近, 远低于

海洋生物污染评价标准和人体消费卫生标准, 即湄洲湾生物受重金属影响不明显^[2]。林建清等人 (2003) 的研究表明, 湄洲湾海域沉积物中多环芳烃的含量显著低于长江口、珠江口及其欧美主要港口表层沉积物中多环芳烃的含量, 且主要来源于燃料的高温燃烧^[3]。

本研究主要根据 2005 年 1 ~ 11 月的现场采样数据, 对湄洲湾海域的水质状况进行评价和分析, 并与现有文献报道进行比较。

1 调查与方法

1.1 站位布设及调查时间

于 2005 年 1 月 (冬季)、4 月 (春季)、7 月 (夏季) 和 11 月 (秋季), 共采样四次, 在湄洲湾布设 14 个站位进行

* 收稿日期: 2006-05-29, 修订日期: 2006-09-01

基金项目: 福建省重大前期专项 (2005HZ1014), 福建省自然科学基金 (D0610020)

作者简介: 蔡真珍 (1983-), 女, 福建省平潭县人, 硕士研究生, 从事海洋环境化学、海洋有机化学研究。

通讯作者: 王 宪 (1954-), 男, 江苏省响水县人, 教授, 博士, 从事海洋化学研究, Email: wangxian@xmu.edu.cn

了调查,采样时尽量考虑到潮周期的变化。具体采样站位见图 1。

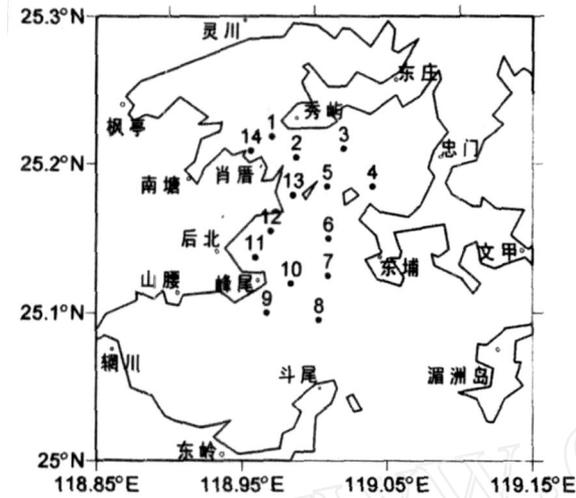


图 1 采样点及站位布设

Fig 1 Sampling locations in Meizhou Bay

1.2 调查方法

水样采集后,现场用 VARD 袖珍型 pH/Cond 测定仪测定 pH、氧化还原电位、温度后,立即加 H₂SO₄ 酸化保存,用于实验室营养盐的分析测定;DO 现场固定后带回实验

表 1 各常规化学参数四季变化范围及平均值

Tab 1 Seasonal variations and average values of chemical parameters

要素	量值	春季	夏季	秋季	冬季
pH	范围	8.02 ~ 8.14	8.10 ~ 8.14	8.08 ~ 8.24	8.08 ~ 8.15
	平均值	8.12	8.13	8.15	8.13
S	范围	32.0 ~ 34.0	33.6 ~ 34.8	35.0 ~ 36.0	35.0 ~ 36.0
	平均值	32.9	34.3	35.6	35.2
DO / mg · L ⁻¹	范围	8.65 ~ 9.32	5.91 ~ 6.76	7.41 ~ 7.70	8.50 ~ 9.20
	平均值	9.02	6.33	7.50	9.02
COD / mg · L ⁻¹	范围	0.34 ~ 1.68	0 ~ 0.17	0.15 ~ 2.98	0.17 ~ 0.91
	平均值	0.47	0.11	0.64	0.45
叶绿素 a / mg · m ⁻³	范围	1.36 ~ 6.69	0.81 ~ 6.11	0.03 ~ 1.36	0.61 ~ 3.80
	平均值	2.95	2.42	0.55	1.86

2.1.2 营养盐

调查海区附近的主要工业及生活排污口,成为该调查海区的主要营养盐输入点源,另外养殖区沿岸带人工作业等也会不断为沿岸海水输送营养盐。

湄洲湾 2005 年四季 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、DN 及 PO₄³⁻-P 的含量变化见图 2。由图可见,四个航次,NH₄⁺-N 和 NO₂⁻-N 的变化趋势极为相似,夏季浓度最高,分别为 4.5486 μmol/L 和 2.5499 μmol/L,春季和秋季均呈下降趋势,且变化幅度比较稳定。由于 NO₃⁻-N 在 DN 中含量较高,所以 NO₃⁻-N 和 DN 具有相似的变化趋势,冬季值最高,春季和夏季下降,到秋季则略有上升。PO₄³⁻-P 的变化趋势也类似,从冬季的 3.0465 μmol/L 降到春季的 0.0957 μmol/L,夏季到秋季,则从 0.0016 μmol/L 回升到 0.8879 μmol/L。

室测定;NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N 和 PO₄³⁻-P 的水样经 0.45 μm 的微孔滤膜过滤后,按《海洋监测规范》第四部分“海水分析”(GB17378.4-1998)的要求进行分析测定,即 NH₄⁺-N 采用次溴酸盐氧化法、NO₃⁻-N 采用锌镉还原法、NO₂⁻-N 采用萘乙二胺分光光度法、PO₄³⁻-P 采用磷钼蓝分光光度法;COD 采用碱性高锰酸盐法。在本项目中的无机氮为 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N 的总和。

2 结果与讨论

2.1 主要水化学参数分析

2.1.1 常规化学参数

水质各环境要素的调查结果(表 1)显示,pH 呈弱碱性,盐度略高,盐度平均值的季节变化趋势呈现秋冬季节高,春夏季节低的分布特征。盐度最高值出现在秋冬季节(36),最低值出现在春季(32)。pH 随季节变化不明显,秋季略高。春季和冬季的 DO 浓度相对较高。叶绿素 a 的值随季节变化较为明显,春夏较高,秋冬较低。

本次常规化学参数的调查结果与陈碧娥等在 1997 年 5 月至 1998 年 7 月期间,对湄洲湾海域水质的监测结果是一致的,pH 值、COD、溶解氧、等含量均符合一类海水标准^[4]。

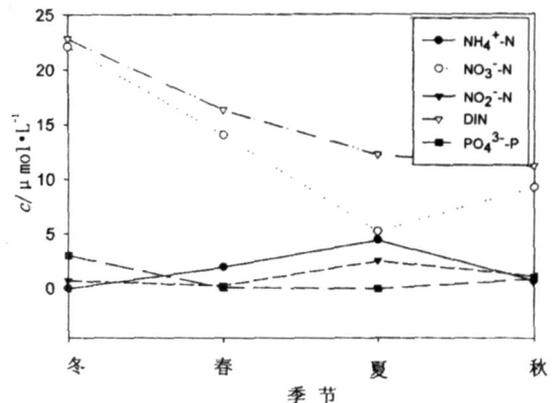


图 2 湄洲湾营养盐的季节变化

Fig 2 Seasonal variations of nutrients

溶解无机氮以 $\text{NO}_3\text{-N}$ 为主, $\text{NH}_4\text{-N}$ 次之, $\text{NO}_2\text{-N}$ 最低, 它们占 DN 的比例分别为 77.03%, 13.95% 和 8.42%。从各无机氮在水体中的转化过程, $\text{NH}_3 \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH} \leftrightarrow \text{NO}_2^- \leftrightarrow \text{NO}_3^-$, 在氧充足的情况下, 当达到热力学平衡时, 水体中的无机氮应以 $\text{NO}_3\text{-N}$ 为主要形态。因此, 从涪洲湾海域各无机氮在总无机氮中所占比例来看, 该水体中的 N 已达热力学平衡。

调查期间, 水体中的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量变化和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的含量变化趋势相反, 这证明了浮游植物对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的摄取受到 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的控制, 浮游植物生长首先利用 $\text{NH}_4\text{-N}$, 当 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量减少到一定浓度不能满足生长时, 则吸收 $\text{NO}_3\text{-N}$ 可以说明浮游植物起着控制同一海域 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量变化的作用。

2.2 涪洲湾海区的水质状况评价

2.2.1 富营养化评价

目前我国对水质富营养化还没有统一的评价标准和原则, 国内许多研究者采用营养指数 [$E = \text{COD}(\text{mg/L}) \times \text{DN}(\mu\text{g/L}) \times \text{DIP}(\mu\text{g/L}) / 1500$] 来研究海域富营养化和有机污染问题。当营养指数大于 1 时, 即为富营养化, E 值越大, 富营养化程度越高^[5]。

在已有研究结果中, 如陈于望等人 1992 年夏秋两季涪洲湾海域水质监测结果表明, 涪洲湾海域属于中等营养化水平, 水质较好, 但近岸局部海域已处于富营养水平^[6]。陈彬等人利用数值模拟的方法预测涪洲湾远期海水水质, 结果得出: 涪洲湾在沿岸排海污水均处理达标及按规划排放口排放情况下, 其营养状态基本上能维持在贫营养—中营养水平, 但湾顶局部水域存在着发生富营养化的可能性^[7]。

从涪洲湾养殖区 2005 年四季的 E 值来看, 冬季 E 为 6.90, 远大于 1, 春季和夏季较低, 分别为 0.40 和 0.001, 而秋季 E 值又超过 1, 为 1.72, 即秋季和冬季都为富营养化状态。

因此, 建议有关部门对涪洲湾海水防止富营养化继续增加要及时采取防治措施, 否则可能会引发赤潮的发生。

2.2.2 有机污染评价

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、DN、DIP、DO 四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^[6]。

$A = \text{COD}_i / \text{COD}_a + \text{DN}_i / \text{DN}_a + \text{DIP}_i / \text{DIP}_a + \text{DO}_i / \text{DO}_a$ 式中, A 为污染指数, COD_i , DN_i , DIP_i , DO_i 为 COD 、 DN 、 DIP 、 DO 的实际测定值, COD_a , DN_a , DIP_a , DO_a 为上述各项评价指标所采用的标准浓度, 本文采用的是 GB3097-1997 海水水质标准。其值分别为 2.0, 2.0, 0.03, 6。计算得到 A 值 (有机污染评价指数) 后, 对海水污染状况进行评估。

A 为污染指数; i 为实测值; a 为一类海水的水质标准, 其判别标准为: 当 $0 < A < 1$ 水质为较好; $1 < A < 2$, 水质为开始受到污染; $2 < A < 3$, 水质为轻度污染; $3 < A < 4$, 水质为中度污染; $4 < A < 5$, 水质为严重污染。

据计算, 涪洲湾海域年平均有机污染指数为 0.69, 因此, 从评判标准上看, 涪洲湾海域属于水质较好类型。

1995 年 12 月 ~ 1996 年 1 月涪洲湾渔业资源调查和生物体内残毒分析资料结合 1996 ~ 1998 年的生态环境综合调查资料结果也表明, 工业发展中污染物的排放对涪洲湾生态环境和生物的不良影响正在显现, 并对水产业发展构成威胁, 但在严格控制污染物排放, 保护并发展水产业的情况下, 涪洲湾仍能较长时间保持现有的各种使用功能, 维护湾内海域的生态平衡^[8]。本次调查的结果也表明, 在码头、炼油厂及其排污口附近海域油污染已成为涪洲湾重要的环境问题, 但优越的环境和水质条件使涪洲湾生态系统有很强的稳定性和自我调节能力, 涪洲湾有机污染相对比较轻, 水质较好。

2.3 N/P

N/P 值是考察营养盐结构的主要指标。Redfield 的研究结果表明, 一般大洋深层水的 N/P 为 16 左右, 与浮游植物体内元素组成的 N/P 大致相同, 低于或高于这一比例就会形成 N 或 P 限制。后人把它称为 Redfield 比值, 并作为研究生态环境中缺乏 N 或 P 的依据^[9]。用 N/P 值来判断营养盐的相对限制情况 $N/P < 16$ 表明 N 相对不足; $N/P > 16$ 表明 P 相对不足。浮游植物从海水中摄取的 DN/DIP 也约为 16^[10], 偏离过高或过低都可能引起浮游植物受到某一相对低含量元素的限制。

近年来, 随着人口的增长和工农业的发展, 养殖水体中 N、P 的含量逐渐增加, 无机氮和磷酸盐有部分来自农药和化肥中, 被地表水携带入海使得大量营养物质输入海洋。有学者^[11]提出近岸海洋生态体系毕竟不同于大洋生态体系, 近岸海水氮、磷营养盐限制可能偏离 Redfield 值。涪洲湾海水的 N/P 值, 冬季 N/P 仅为 7.49, 秋季为 12.86, 而春季则达到 178.07, 随季节有较大的变化。从 N/P 比上看, 冬季为氮限制, 而春季则为磷限制。

3 结 论

1. 涪洲湾海域的 DO 和 COD 均符合海水一类水质标准 (GB3097-1997)。叶绿素 a 的值随季节变化较为明显, 春夏较高, 秋冬较低。

2. 涪洲湾海域春季和夏季的营养指数较低, 分别为 0.40 和 0.001, 而秋冬季则超过 1, 即秋季和冬季都为富营养化状态。

3. 涪洲湾海域的年平均有机污染指数为 0.69, 从评判标准上看, 涪洲湾海域属于水质较好类型。

4. 涪洲湾海域 DN/DIP 比随季节有较大的变化。冬季为氮限制, 而春季则为磷限制。

参考文献:

- [1] 罗冬莲, 阮金山, 许翠莲, 等. 福建主要贝类养殖区表层沉积物重金属和有机质的含量及其相关性 [J]. 海洋环境科学, 2004, 23 (1): 33-36

- [2] 高淑英, 邹栋梁. 湄洲湾生物体内重金属含量及其评价 [J]. 海洋环境科学, 1994, 13(1): 39-45.
- [3] 林建清, 王新红, 洪华生, 等. 湄洲湾表层沉积物中多环芳烃的含量分布及其来源 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2003, 42(5): 633-638.
- [4] 陈碧娥, 郭厚宝, 苏荣西, 等. 湄洲湾海域水质状况分析 [J]. 华侨大学学报 (自然科学版), 1999, 20(4): 403-406.
- [5] 王 宪. 海水养殖水化学 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2006.
- [6] 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.
- [7] 陈 彬, 王金坑, 汤军健, 等. 福建湄洲湾海域营养状态趋势预测 [J]. 台湾海峡, 2001, 21(3): 322-327.
- [8] 李延风. 湄洲湾海水环境质量和水产业发展的关系 [J]. 海洋环境科学, 1999, 18(1): 52-56.
- [9] REDFIELD A C. The biological control of chemical factors in the environment [J]. Am Sci, 1958, 46: 205-221.
- [10] SMITH S V. Phosphorus Versus nitrogen limitation in the morinl environm [J]. Linner Oclanogr, 1984, 29(1): 1149-1160.
- [11] 胡明辉, 杨逸萍, 徐春林, 等. 长江口浮游植物生长的磷酸盐限制 [J]. 海洋学报, 1989, 11(4): 439-444.

(上接第 143 页)

- [11] 方 涛, 李道季, 李茂田, 等. 长江口崇明东滩底栖动物在不同类型沉积物的分布及季节性变化 [J]. 海洋环境科学, 2006, 25(1): 24-26.
- [12] 吴耀泉. 三峡库区蓄水期长江口底栖生物数量动态分析 [J]. 海洋环境科学, 2007, (2): 138-141.
- [13] 杨庆霄, 董娅婕, 蒋岳文, 等. 黄海和东海海域溶解氧的分布特征 [J]. 海洋环境科学, 2001, (3): 9-13.
- [14] 吕晓霞, 翟世奎, 于增慧. 长江口及邻近海域表层沉积物中营养元素的分布特征及其控制因素 [J]. 海洋环境科学, 2005, (3): 1-5.
- [15] 李丽娜, 陈振楼, 许世远, 等. 长江口滨岸潮滩底栖动物泥螺受铜污染的毒理学研究 [J]. 海洋环境科学, 2004, (3): 24-26.
- [16] 李宝泉, 李新正, 王洪法, 等. 长江口附近海域大型底栖动物群落特征 [J]. 动物学报, 2007, 53(1): 76-82.
- [17] 华 尔, 张志南, 张 艳. 长江口及邻近海域小型底栖生物丰度和生物量 [J]. 生态学报, 2005, 25(9): 2234-2242.
- [18] 罗民波, 沈新强, 朱江兴, 等. 洋山岛周围海域大型底栖动物分布特征 [J]. 海洋环境科学, 2006, 25(2): 22-25.
- [19] 叶属峰, 纪焕红, 曹 恋, 等. 河口大型工程对长江河口底栖动物种类组成及生物量的影响研究 [J]. 海洋通报, 2004, 23(4): 32-37.
- [20] 罗民波, 陆健健, 沈新强, 等. 大型海洋工程对洋山岛周围海域大型底栖动物生态分布的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(1): 97-102.
- [21] 李道季, 张 经, 黄大吉, 等. 长江口外氧的亏损 [J]. 中国科学 (D辑), 2002, 32(8): 686-694.
- [22] 苏 伟, 王业耀, 马小凡. 河口低氧区形成机理的水质模型研究进展 [J]. 水资源保护, 2004, 5: 1-4.
- [23] 王保栋, 刘 峰, 王桂云. 南黄海溶解氧的平面分布及其季节变化 [J]. 海洋学报, 1999, 21(4): 48-53.
- [24] 孟春霞, 邓春梅, 姚 鹏, 等. 小清河口及临近海域的溶解氧 [J]. 海洋环境科学, 2005, 24(3): 25-28.
- [25] GB 12763-91, 海洋调查规范 [S].
- [26] DIAZ R J, ROSENBERG R. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna [A]. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 1995 [C]. London: UCL Press, 1995. 245-303.