

渤海海区 COD 分布及对海水富营养化贡献分析

郭全, 王修林, 韩秀荣, 王江涛

(中国海洋大学化学化工学院, 山东 青岛 266003)

摘要:于 2002 年 8 月 10~18 日和 2003 年 8 月 12~28 日对渤海海区进行了海水水质调查。结果表明, 调查海域化学耗氧量(COD)平均浓度分别为 $0.70 \text{ mg/L} \pm 0.21 \text{ mg/L}$ 和 $0.63 \text{ mg/L} \pm 0.18 \text{ mg/L}$, 其中相对高值区($>1 \text{ mg/L}$)主要分布在辽东湾北部, 莱州湾南部和中央海区西北部海域, 而相对低值区($<0.6 \text{ mg/L}$)主要分布在中央海区东南部。分析表明, 调查海域 COD 浓度不仅远远低于国家一类海水水质标准, 而且也大大低于渤海沿岸水。进一步分析表明, COD 对于调查海域富营养化的贡献仅为 1/4 左右, 这一结果证明了造成渤海海区富营养化的化学污染物不是 COD。

关键词:渤海; COD; 富营养化; 贡献

中图分类号: P734.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)09-0071-05

随着环渤海经济高速发展和人口急剧增加, 以及沿海养殖业的快速发展, 有机物污染排海总量逐年增加^[1], 由此将导致渤海沿岸海水中 COD 浓度逐年增加。例如, 渤海沿岸水 COD 浓度已由 80 年代的 0.7 mg/L 达到 90 年代初的 1.3 mg/L ^[2]。同时, 有害赤潮发生频率也不断增加^[3~4]。例如, 2002~2003 两年间渤海共发生赤潮 26 次, 影响面积近 800 km^2 ^[5]。尽管目前已有一些关于渤海 COD 监测结果的报道, 但调查海域主要集中在沿岸海域、辽东湾等局部海域^[6~8], 尚缺乏对整个渤海海区的报道。此外, 目前尚没有见到关于 COD 对渤海海水富营养化程度贡献分析的报道, 由此对渤海海水富营养化产生的原因缺乏深入的了解。因此, 有必要对整个渤海海区 COD 分布及其对海水富营养化的贡献进行深入研究, 从而为有效防治渤海富营养化、有害赤潮发生等海洋生态环境问题提供必要的科学依据。

1 采样与分析方法

分别于 2002 年 8 月 10~18 日和 2003 年 8 月 12~28 日对渤海海区进行了海水水质调查。在调查海域内共设置 44 个站位(如图 1), 但不包括莱州湾^[9]和沿岸海域。调查过程中, 应用球阀式采水器采集表、中、底海水水样, 其中中层为 -10 m 水层。样品采集后立即在调查船实验室中应用碱性高锰酸钾法^[10]现场测定 COD, 检出限为 0.15 mg/L , 分析精度为 96.0%。

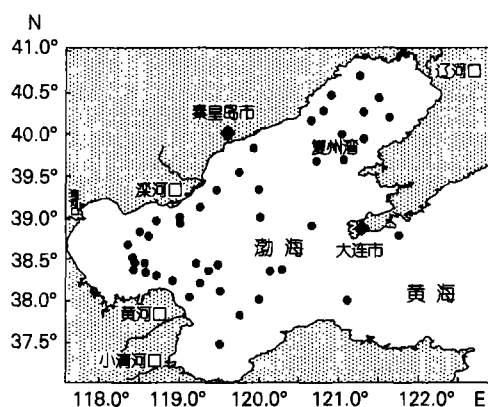


图 1 渤海采样站位

Fig. 1 Location of sampling stations in Bohai Sea

2 结果与讨论

2.1 平均浓度

调查结果表明, 2002 年 8 月中旬整个调查海域中 COD 平均浓度为 $0.70 \text{ mg/L} \pm 0.21 \text{ mg/L}$, 变化

收稿日期: 2005-02-01; 修回日期: 2005-04-10

基金项目: 国家自然科学基金(40136020, 40376033); 国家教育部博士点基金资助项目(20020423006)

作者简介: 郭全(1979-), 男, 河北唐山人, 硕士研究生, 目前研究方向为渤海主要环境污染物质量分析, 电话: 13954283895; 王修林, 通讯作者, E-mail: xlwang@ouc.edu.cn

范围为 0.07~1.51 mg/L, 其中自表层到底层依次降低, 分别为 0.77 mg/L $\pm$ 0.22 mg/L, 0.68 mg/L $\pm$ 0.17 mg/L 和 0.63 mg/L $\pm$ 0.18 mg/L。进一步分析表明, 渤海湾和辽东湾高于调查海域平均值, 分别为 0.82 mg/L $\pm$ 0.10 mg/L 和 0.79 mg/L $\pm$ 0.18 mg/L, 而中央海区低于平均值, 为 0.63 mg/L $\pm$ 0.19 mg/L。2003 年 8 月中旬 COD 平均浓度为 0.63 mg/L $\pm$ 0.18 mg/L, 变化范围为 0.02~0.97 mg/L, 略低于 2002 年, 其中表层与中层基本相同, 分别为 0.67 mg/L $\pm$ 0.16 mg/L 和 0.69 mg/L $\pm$ 0.14 mg/L, 而底层略低, 为 0.57 mg/L $\pm$ 0.19 mg/L。分析表明, 辽东湾高于平均值, 为 0.71 mg/L $\pm$ 0.13 mg/L, 而中央海区和渤海湾低于平均值, 分别为 0.62 mg/L $\pm$ 0.18 mg/L 和 0.55 mg/L $\pm$ 0.14 mg/L。总之, 2002 和 2003 年 8 月份渤海调查海域 COD 浓度均低于国家一类海水水质标准^[11], 并且未发现超标站位。实际上, 自 20 世纪 80 年代渤海调查海域 COD 浓度变化很小, 基本维持在 0.6~1.3 mg/L 范围^{[12]①②}, 未曾超过国家一类海水水质标准。但是, 调查海域 COD 浓度远低于渤海沿岸水^{[8,13~14]②}。实际上, 从 80 年代初到 90 年代初随着排海有机污染物逐年增加^[1], 沿岸水 COD 浓度有同步增加趋势^[2,8], 而渤海海区其他海域 COD 浓度变化不明显^{[12]①②}。此外, 渤海海区 COD 浓度均低于东海^[10]、黄海^[15]和南海局部海区^[16~17]。

2.2 平面分布

如图 2 所示, 2002 和 2003 年 8 月份调查海域 COD 分布基本相同。表层和底层分布趋势基本表现为整个海区南北两个海湾等值线较密集, 且浓度较高, 其中相对高值区(>1 mg/L)主要分布在辽东湾北部和莱州湾南部。中层分布趋势基本表现为等值线变化相对平缓, 中央海区西北部近岸浓度较高, 相对高值区(>1 mg/L)主要分布在中央海区西北部, 特别是秦皇岛近岸海域。目前, 尽管尚没有见到整个渤海海区 COD 分布报道, 但是本次调查结果与渤海局部海域调查结果^{[5,18]②}基本吻合。总之, 调查海域 COD 相对高浓度(>1 mg/L)海域主要分布在辽东湾北部, 莱州湾南部和中央海区西北部, 而相对低浓度(<0.6 mg/L)海域主要分布在中央海区东南部。综合文献结果

表明, 渤海海区 COD 浓度超过国家一类海水水质标准的海域主要分布在沿岸区域^[7,8], 特别是河口区域^[6,19], 其主要原因可能是由于渤海水动力交换弱^[20], 加之在有机污染物输运过程中所伴随的生物降解、化学分解等过程^[21], 使排海有机污染物主要体现在沿岸海域, 而对其他海域影响不大。

2.3 COD 对海水富营养化的贡献分析

结合同一航次溶解无机氮(DIN)和磷酸盐($\text{PO}_4\text{-P}$)调查结果^③, 应用海水水质富营养化分析方法^[15,22], 可以估算该调查海域海水富营养化指数(EI)。结果表明, 2002 年夏季调查海域 EI 平均值为 0.28 $\pm$ 0.28, 变化范围为 0.02~1.51, 其中从表层到底层依次升高, 分别为 0.21 $\pm$ 0.22 $\pm$ 0.26 和 0.37 $\pm$ 0.33。2003 年夏季调查海域 EI 平均值为 0.22 $\pm$ 0.71, 变化范围为 0.01~6.95, 其中 EI 垂直变化与 2002 年略有差异, 表、中和底层分别为 0.27 $\pm$ 1.03, 0.13 $\pm$ 0.10 和 0.20 $\pm$ 0.18。总之, 除约 3% 站位 EI>1 外, 调查海域中大部分海域 EI<1。这说明, 整体上调查海域海水并没有处于富营养化状态, 比渤海沿岸水^[15]水质状况要好。这样, 如果仅仅根据渤海沿岸水调查结果, 可能会大大高估了渤海海区的富营养化状况^[23]。此外, 与其他海区比较说明, 渤海调查海域海水富营养化程度比东海^[8]、黄海^[15]和南海局部海区^[16~17]轻。进一步分析表明, 2002 和 2003 年夏季调查海域 COD 对 EI 的贡献率平均为 1/4 左右, 变化范围为 12%~27%, 中央海区与辽东湾和渤海湾基本相同。实际上, 根据文献数据^{[12]①②}估算表明, 自 20 世纪 80 年代, 渤海海区 COD 对海水富营养化的贡献率同样也基本维持在 1/4 左右, 这与养殖海域中 COD 和溶解无机态营养盐组成^[24]基本吻合。同时, 这进一步证明了造成渤海海区富营养化的化学污染物不是 COD 的结论^[13], 而应当主要是溶解无机态营养盐 DIN 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 。

3 结论

2002 和 2003 年 8 月份渤海调查海域 COD 平均浓度分别为 0.70 mg/L $\pm$ 0.21 mg/L 和 0.63 mg/L $\pm$ 0.18 mg/L, 变化范围分别为 0.07~1.51 mg/L 和 0.02~0.97 mg/L, 其中辽东湾略高于平均值, 中央海区略

① 《黄渤海环境与生态变化研究》编写组. 黄渤海环境与生态变化研究. 1996.

② 辽宁省、河北省、山东省、沧州市、秦皇岛市、唐山市海洋局 1997~2003 年发布的地方海洋环境质量公报.

③ Wang X L, Guo Q, Han X R, *et al.* Spatial distribution of nutrients and eutrophication assessment of the Bohai Sea in summer of 2002 [J]. Continental Shelf Research, 2004. in press.

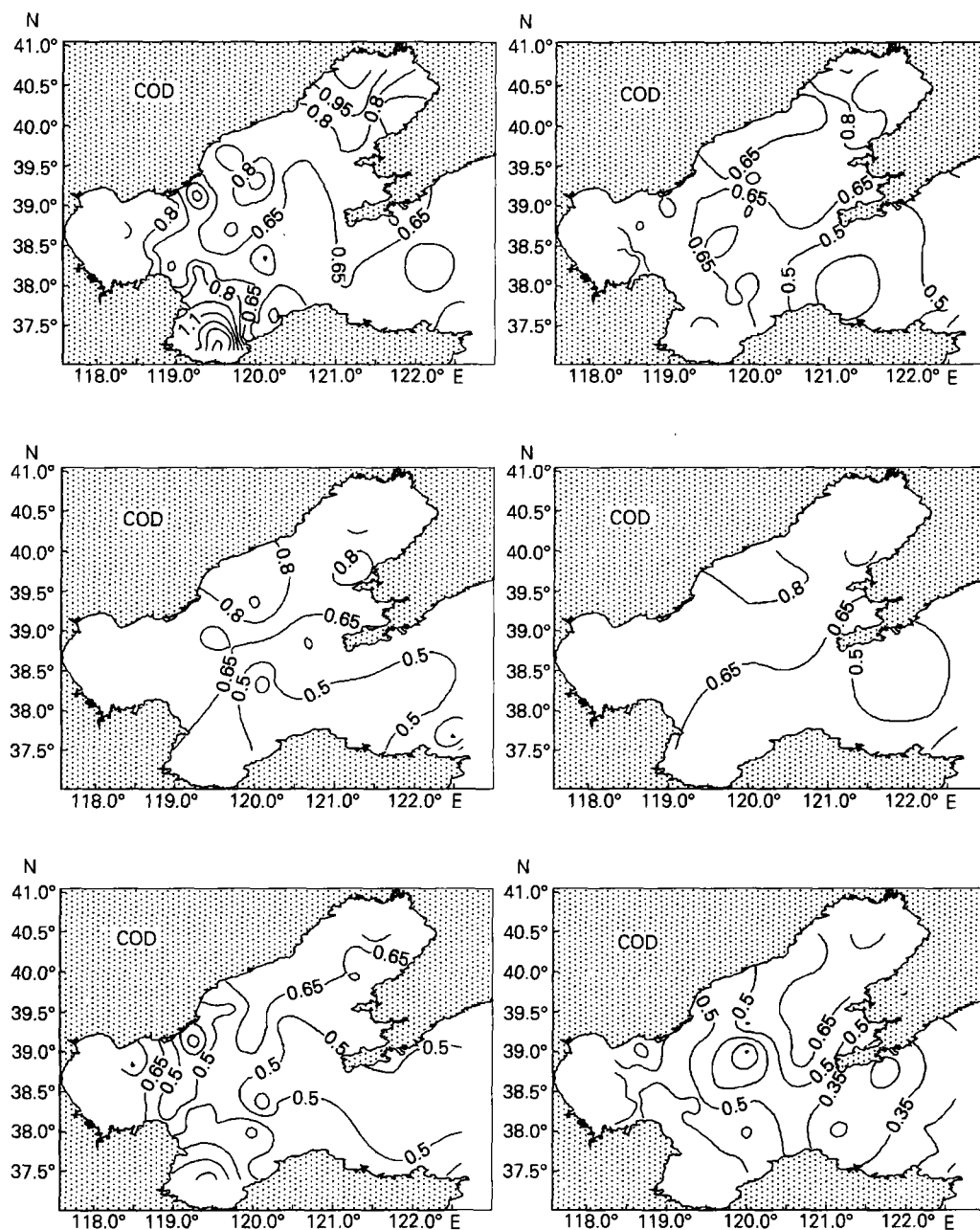


图2 2002年(左)和2003年(右)8月渤海调查海域表(上)、中(中)、底(下)COD等值线分布(mg/L)

Fig. 2 Distributions of COD at the surface (upper row), middle (middle row) and bottom (lower row) in Bohai Sea in August, 2002 (left column) and 2003 (right column) (mg/L)

低于平均值,而渤海湾两年变化较大。COD相对高值区(>1 mg/L)主要分布在辽东湾北部,莱州湾南部和

中央海区西北部海域,而相对低值区(<0.6 mg/L)主要分布在中央海区东南部。结果表明,调查海域 COD

浓度不仅远远低于国家一类海水水质标准,而且也大大低于渤海沿岸水^{[8,13-14]②}。这说明,渤海不同海区水质差异较大,如果仅仅根据沿岸海域调查结果很可能会大大高估渤海海区海水富营养化程度。进一步应用富营养化指数 *EI* 分析表明,COD 对于调查海域富营养化的贡献仅为四分之一左右,这进一步证明了造成渤海海区富营养化的化学污染物不是 COD 的结论^[13]。

参考文献:

- [1] 杨树珍. 渤、黄海海域环境不容乐观 [J]. 海洋信息, 1997, 1: 27-28.
- [2] 赵章元, 孔令辉. 渤海海域环境现状及保护对策 [J]. 环境科学研究, 2000, 13(2): 23-27.
- [3] 龚强, 张淑杰, 韩玺山, 等. 1998 年渤海赤潮发生与气象条件关系初探 [J]. 辽宁气象, 1999, 2: 18-21.
- [4] 陈扬, 赖锡军. 赤潮生态动力学模型初探 [J]. 海洋湖沼通报, 2003, 4: 84-89.
- [5] 国家海洋局. 2003 年中国海洋环境质量公报 [R]. 北京: 国家海洋局, 2004.
- [6] 刘成, 王兆印, 何耘, 等. 环渤海湾诸河口水质现状的分析 [J]. 环境污染与防治, 2003, 25(4): 222-225.
- [7] 王毅, 张天相, 徐学仁, 等. 辽东湾北部至辽西沿岸海域营养盐分布及水质评价 [J]. 海洋环境科学, 2001, 20(2): 63-70.
- [8] 童钧安, 陈懋. 莱州湾环境质量现状与发展趋势研究 [J]. 黄渤海海洋, 1995, 13(3): 26-33.
- [9] 冯士筭, 李凤岐, 李少菁. 海洋科学导论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [10] 张传松, 王修林, 石晓勇, 等. 东海赤潮高发区 COD 和石油烃分布特征及其赤潮发生关系的初步研究 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(7): 1093-1096.
- [11] GB 3097-1997, 海水水质标准 [S].
- [12] 雷宗友. 中国海环境手册 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1988.
- [13] 苏一兵, 雷坤, 孟伟. 陆域活动对渤海海岸带的影响 [J]. 中国水利, 2003, 3B: 78-80.
- [14] 赵军, 穆云侠. 锦州湾近岸海域富营养化趋势的探讨 [J]. 辽宁城乡环境科技, 2000, 20(3): 3-5.
- [15] 崔毅, 过锋, 袁有宪, 等. 黄海北部沿岸水域营养水平及有机污染状况分析 [J]. 海洋水产研究, 1998, 19(2): 37-44.
- [16] 彭云辉, 王肇鼎, 潘明祥, 等. 大亚湾海区微表层、次表层 BOD 和 COD 的研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2000, 4: 13-19.
- [17] 彭云辉, 朱俊怀, 彭玉燕, 等. 珠江河口水体中 DO 和 COD 的调查 [J]. 南海研究与开发, 1992, 3: 14-19.
- [18] 国家海洋局. 2002 年中国海洋环境质量公报 [R]. 北京: 国家海洋局, 2003.
- [19] 国家海洋局. 1998~2001 年中国海洋环境质量公报 [R]. 北京: 国家海洋局, 1998-2001.
- [20] 魏皓, 田恬, 周锋, 等. 渤海水交换的数值研究水质模型对半交换时间的模拟 [J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(4): 519-525.
- [21] 王泽良, 陶建华, 季民, 等. 渤海湾中化学需氧量 (COD) 扩散、降解过程研究 [J]. 海洋通报, 2004, 23(1): 27-31.
- [22] 付海靖. 海洋污染与保护 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [23] 于志刚, 米铁柱, 谢宝东, 等. 二十年来渤海生态环境参数的演化和相互关系 [J]. 海洋环境科学, 2000, 19(1): 15-19.
- [24] 孙耀, 赵俊, 周诗贵, 等. 桑沟湾养殖海域的水环境特征 [J]. 中国水产科学, 1998, 5(3): 69-75.

② 辽宁省、河北省、山东省、沧州市、秦皇岛市、唐山市海洋局 1997~2003 年发布的地方海洋环境质量公报。

Spatial distribution of COD and its contribution to the eutrophication in Bohai Sea

GUO Quan, WANG Xiu-lin, HAN Xiu-rong, WANG Jiang-tao

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Feb. , 1, 2005

Key words: Bohai Sea; COD; eutrophication; contribution

Abstract: Two cruises for water quality examination have been carried out in Bohai Sea, china from Aug. 10th to 18th 2002 and from Aug. 12th to 28th 2003. In the study area, the average concentrations of chemical oxygen demand (COD) were 0.70 mg/L $\pm$ 0.21 mg/L and 0.63 mg/L $\pm$ 0.18 mg/L in the summer of 2002 and 2003, respectively. The value highs were in Laizhou Bay and the northwest of the occurred area; while the values lows (<0.6 mg/L) mainly occurred at the southeast of the area. In the whole survey area, the COD concentration could not only meet the standard for first-class seawater quality, but also was significantly lower than the COD concentration of the coastal water. In the research area, the COD contribution to the eutrophication accounted for only one-fourth of the total, and it was confirmed that COD was not the primary chemical contamination causing eutrophication in Bohai Sea.