

胶州湾海域营养状况研究

董兆选¹, 姜安刚¹, 崔文连²

(1. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 青岛市环境监测中心站, 山东 青岛 266003)

摘要: 根据 2000~2009 年胶州湾海水监测资料, 选用单项指标分析和富营养化指数法, 对胶州湾海域以及主要河口区营养水平进行评价。结果表明, 胶州湾水质较差, 无机氮严重超标, N/P 值为 62.7, 呈现高 N 低 P 状况, 整个海域呈中度-重度富营养状态。主要河口海域无机氮(IN)严重超标, 富营养化程度高, 其中墨水河口为严重富营养, 楼山河口为重度富营养。

关键词: 胶州湾; 富营养化; 评价

中图分类号: X55

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)12-0036-04

胶州湾是与黄海相通的典型的半封闭海湾, 水域面积 353.92 km², 岸线长度 220.02 km^[1]。近年来, 受径流输入、工农业废水和城市生活污水排放的影响, 河口区无机氮含量严重超标, 局部海域富营养化程度较高, 赤潮爆发频次增加^[2~5], 给经济发展以及人类健康带来损害。为摸清胶州湾海域营养状况, 为青岛市继续深入实施“环境保护、拥湾发展”战略提供理论依据, 本研究根据青岛市环境监测中心站 2000~2009 年的监测资料, 对胶州湾海域以及主要河口区营养状况作单项指标分析和富营养化评价, 同时对污染源状况作分析探讨。

1 调查区域与方法

胶州湾共布设点位 14 个(图 1), 每年 5、8、10 月每月监测 1 次, 进行海水化学因子和海洋生物同

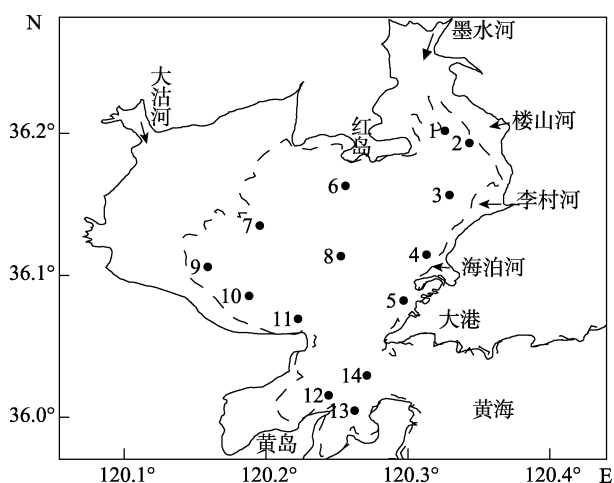


图 1 胶州湾监测站位图

Fig. 1 Monitoring Sites in Jiaozhou Bay

步现场采样, 样品的采集、固定、保存和分析均按照《海洋监测规范》^[6]进行, 2000~2009 年共取得监测数据 11 760 个, 本次富营养化评价采用的无机氮(IN)、无机磷(IP)、COD 三个项目数据共 1 260 个。

目前, 国内外对海水富营养化尚未有统一的评价标准或模型。常见的有单项指标评价、综合指数评价、模糊数学综合评价、潜在富营养化评价^[7~10], 最为常用的是单项指标评价和富营养化指数评价(E)。为了与国内外近岸海域富营养化状况更有可比性, 本研究采用较为普遍的单项指标分析和富营养化指数评价法。

2 结果与讨论

2.1 单项指标参数变化

胶州湾海域 IN、IP、COD 三项指标年际变化见表 1。由表 1 可知, 胶州湾海域 COD 年均值范围为 1.18~1.54 mg/L, 年际变化不大, 2000~2009 年年均值和 10 年均值均低于《海水水质标准》(GB3097-1997)^[11]一类标准。IN 含量较高, 除 2007 年和 2009 年 IN 含量符合四类海水水质标准, 其他年份年均值和 10 年均值均高于四类海水水质标准。IP 含量较低, 年均值均低于二类海水水质标准, 其中 2001 年、2003 年、2004 年和 2005 年 IP 年均值低于一类海水水质标准。2000~2009 年胶州湾海域受 IN 污染严重, 呈现高 N 低 P 状况, 3 项指标水平分布自东部河口区

收稿日期: 2009-12-14; 修回日期: 2010-06-30

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAC02A19)

作者简介: 董兆选(1984-), 女, 山东烟台人, 硕士研究生, 研究方向为环境管理与规划, 电话: 0532-82966392, Email: xiaox_310@163.com; 姜安刚, 通信作者, 电话: 66781693, Email: aglou@ouc.edu.cn

和北部养殖区两个高含量区向湾中心和湾口呈逐步递减之势。

表 1 胶州湾海域 3 项指标年际变化(mg/L)
Tab. 1 Yearly variations of three parameters in Jiaozhou Bay (mg/L)

年份	COD	IN	IP
2000	1.18	0.55	0.022
2001	1.41	0.60	0.011
2002	1.19	0.50	0.019
2003	1.26	0.56	0.011
2004	1.38	0.52	0.015
2005	1.54	0.59	0.015
2006	1.38	0.55	0.016
2007	1.47	0.32	0.023
2008	1.33	0.51	0.018
2009	1.42	0.37	0.026
平均值	1.36	0.51	0.018

胶州湾海域主要河口区 COD、IN、IP 十年均值见表 2。由表 2 可知, 主要河口区 COD 含量较低, 除墨水河口 COD 含量达到二类海水水质标准, 其他河口 COD 均达到一类海水水质标准, 与胶州湾海域 COD 平均值相当。IN 含量明显高于海域平均值, 除海泊河口 IN 含量达到四类海水水质标准, 其他河口均劣于四类海水水质标准, 墨水河口超标最严重。IP 含量比海域平均值稍高, 除墨水河口 IP 含量超过四类海水水质标准, 其他河口均达到二类水质标准。2000~2009 年胶州湾主要河口区水质较差, IN 含量明显高于海域平均值, 墨水河口 COD 和 IN 超标最严重。

表 2 胶州湾主要河口区 3 项指标 10 年均值(mg/L)
Tab. 2 Ten-year average values of Three parameters in main estuaries(mg/L)

河口区	COD	IN	IP
墨水河口	2.37	1.36	0.035
楼山河口	1.47	0.77	0.030
大沽河口	1.51	0.74	0.016
海泊河口	1.01	0.42	0.023
李村河口	1.20	0.58	0.027

2.2 富营养化评价

2.2.1 单项指标分析

单项指标标准值参考国家《海水水质标准》(GB3097-1997)一类标准及国内外防止赤潮发生的研究中提出的富营养化阈值^[12]。拟定 COD 2~3 mg/L,

IN 0.2~0.3 mg/L, IP 0.015~0.020 mg/L 为单项指标分析的富营养化阈值^[13,14]。

COD: 胶州湾海域 COD 年均值以及十年平均值均未达到富营养化阈值, 表明有机污染较低。大部分河口区 COD 含量均未达到富营养化阈值, 墨水河口 COD 呈一定程度的富营养化。

IN: 胶州湾海域 IN 年均值以及十年平均值均呈高度富营养水平, 河口区 IN 富营养水平显著高于海域平均值。

IP: 胶州湾海域 IP 年均值除 2001 年和 2003 年未达富营养化阈值, 其余年份以及十年平均值均呈现轻度富营养化。

主要河口区十年中 3 项指标的水期变化见表 3。COD 含量大致为丰水期>枯水期>平水期, 墨水河口各水期 COD 呈富营养状态, 其余河口各水期 COD 均未达富营养阈值。IN 含量各水期相差不大, 平水期略高, 主要河口各水期 IN 均呈富营养状态, 墨水河口富营养程度最高。IP 含量枯水期和平水期略高于丰水期, 除大沽河枯水期和丰水期、海泊河丰水期未达富营养阈值, 其余河口均呈轻度富营养, 楼山河口 IP 富营养化程度略高。

2.2.2 N/P 值

Redfield^[15]于 1958 年指出, 海水中平均 N/P 原子比是 16:1, 即浮游植物生长时 N、P 以 16:1 的比例被消耗, 高于此值为磷限制, 低于此值为氮限

表 3 胶州湾主要河口海域 3 项指标水期变化(mg/L)
Tab. 3 Water season variations of three parameters in main estuaries(mg/L)

海区	水期	COD	IN	IP	N/P
墨水河口	枯水期	2.18	1.37	0.030	101.1
	丰水期	2.85	1.15	0.028	90.9
	平水期	2.09	1.21	0.045	59.5
楼山河口	枯水期	1.35	0.76	0.037	45.5
	丰水期	1.89	0.68	0.022	68.4
	平水期	1.17	0.88	0.031	62.9
大沽河口	枯水期	1.44	0.61	0.011	122.8
	丰水期	1.64	0.90	0.012	166.1
	平水期	1.46	0.72	0.024	66.4
海泊河口	枯水期	0.93	0.39	0.037	23.3
	丰水期	1.25	0.34	0.008	94.1
	平水期	0.86	0.54	0.025	47.8
李村河口	枯水期	1.04	0.57	0.037	34.1
	丰水期	1.61	0.46	0.018	56.6
	平水期	0.97	0.72	0.027	59.0

制^[16]。2000~2009年胶州湾海域 N/P 值为 62.7, 远远高于 16:1, 主要河口 N/P 值分别为: 墨水河口 86.04, 楼山河口 56.8, 大沽河口 102.4, 海泊河口 40.3, 李村河口 47.6, 河流水期对 N/P 值的影响为丰水期略高于枯水期和平水期。胶州湾海域 N/P 平均值以及各水期主要河口 N/P 值均远超过 16:1, 说明本海域 N 远比 P 丰富, P 则相对短缺, P 是本海域初级

生产力的限制因子。

2.2.3 综合指标评价

采用目前较为普遍的邹景忠^[17]的富营养化指数 E 评价法划分胶州湾海域富营养类型, 当 $E > 1$ 时, 表明水体呈富营养化, E 值越高, 水体富营养化程度越严重, 具体等级划分见表 4。 E 的计算公式为: $E = (COD \times DIN \times DIP \times 10^6) / 4500$

表 4 水质富营养等级划分指标^[17]

Tab. 4 Criteria for classifying trophic levels

水质等级	贫营养	轻度富营养	中度富营养	重度富营养	严重富营养
富营养化指数	$E < 1$	1 $E < 2$	2 $E < 5$	5 $E < 15$	$E \geq 15$

评价结果表明, 胶州湾海域富营养化指数 E 年均值范围为 2~3, 十年平均 E 值为 3, 属中度富营养, 主要河口富营养化指数 E 以墨水河口最高为 25, 为严重富营养, 楼山河口 E 值为 8, 为重度富营养, 大沽河口和李村河口 E 值为 4, 海泊河口 E 值为 2, 为中度富营养。河流水期对 E 值影响不大, 平水期略高于枯水期和丰水期, 除墨水河口三个水期均为严重富营养, 其余河口各水期处于中度-重度富营养化之间。

2.3 富营养化成因探讨

胶州湾属半封闭内湾, 与外界水交换能力弱。胶州湾海域富营养化的原因有三方面: 第一是陆源排污。目前, 汇入胶州湾的陆域直排海污染源主要包括 8 条入海河流、6 家污水处理厂和 21 家日排放废水在 100 t (含 100 t) 以上的直排海企业, 除大沽河外, 胶州湾周边主要河流已基本无自身径流, 污染物主要来自企业源、生活源和面源。企业废水入海通量为 11 509 万 t/a, 化学需氧量、氨氮、总磷分别为 22 103、2 281、198 t/a; 生活污水入海通量为 11 223 万 t/a, 化学需氧量、氨氮、总磷分别为 26 288、3 900、371 t/a; 面源化学需氧量、氨氮、总磷分别为 22 103、2 281、198 t/a; 第二是红岛养殖区鱼虾养殖饲料的过量投放和代谢废物的排泄。第三是水体中有机体的分解, 使营养盐获得再生, 为浮游植物的生长繁殖提供了丰富的营养源。

3 结论

以上评价结果表明, 胶州湾水质较差, 受 IN 污染严重, N/P 值为 62.7, 远远高于 16, 呈现高 N 低 P 状况, 整个海域呈中度—重度富营养状态。主要河口

海域 IN 严重超标, 富营养化程度较高, 其中墨水河口 E 值为 25, 为严重富营养, 楼山河口为重度富营养。为降低胶州湾富营养化程度, 减少赤潮发生概率, 本文提出以下几点建议:

(1) 开展胶州湾环境容量研究, 按照环境容量及环境功能区规划排污单元, 合理布局排污点源, 对入海污染物实行总量控制, 限定各工矿企业污染物排放量, 把节能、降耗、高效、减排、实施污染全过程控制纳入生产管理, 建立清洁生产运行机制, 从源头有效控制污染。

(2) 建立覆盖城乡的污水收集系统, 实现雨污分流, 使污水全部纳入城市管网进污水处理厂, 同时加快污水处理厂的新建、改建和扩建工程, 推进升级改造, 增加除磷脱氮工艺, 处理标准由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 的二级标准提高到一级 A 标准, 保证污水能够得到深度处理, 达标排放。

(3) 优化产业结构, 逐步解决结构性工业污染问题。淘汰和禁止引进高耗能、高排放、高污染的“三高”产业, 倡导低耗能、低排放、低污染的环保型产业, 大力发展低碳经济, 引进高新技术产业。同时, 鼓励现有企业科技创新, 改进生产工艺, 提高资源利用率和产品附加值, 这是胶州湾环境改善的根本途径。

参考文献:

- [1] 吴永森, 辛海英, 吴隆业, 等. 2006 年胶州湾现有水域面积与岸线的卫星调查与历史演变分析[J]. 海岸工程, 2008, 27(3): 8-15.
- [2] 韩笑天, 邹景忠, 张永山. 胶州湾赤潮生物种类及其生态分布特征[J]. 海洋科学, 2004, 28(2): 49-53.

- [3] 顾红卫. 青岛市海洋赤潮发生及管理[J]. 海洋环境保护工作通讯, 2001, 3: 10-15.
- [4] 孙伟, 王诗成. 山东半岛海域赤潮灾害研究[J]. 齐鲁渔业, 2008, 25(4): 58-60.
- [5] 郝建华, 霍文毅, 俞志明. 胶州湾增养殖海域营养状况与赤潮形成的初步研究[J]. 海洋科学, 2000, 24(4): 37-40.
- [6] 中华人民共和国国家技术监督局. GB17378-1998. 海洋监测规范. 北京: 国家环境保护局, 1990-03-01.
- [7] 何桐, 谢健, 方宏达, 等. 大亚湾海域春季营养现状分析与评价[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(3): 220-223.
- [8] 曹宇峰. 2002~2006年福建省闽江口以南近岸海域水质状况评价[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(1): 39-42.
- [9] 袁建军, 谢嘉华. 泉州湾近岸海域水质状况调查与评价[J]. 台湾海峡, 2003, 22(1): 15-18.
- [10] 秦铭利, 蔡燕红, 王晓波, 等. 杭州湾水体富营养化评价及分析[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(1): 53-56.
- [11] 中华人民共和国国家技术监督局. GB3097-1997. 中华人民共和国国家标准—海水水质标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998-07-01.
- [12] 孙耀, 陈聚法, 张友箴. 胶州湾海域富营养状况的化学指标分析[J]. 海洋环境学, 1993, 12(3): 25-31.
- [13] 覃秋荣, 龙晓红. 北海市近岸海域富营养化评价[J]. 海洋环境科学, 2000, 19(2): 43-45.
- [14] Justic D, Rabalais N N, Turner N N, *et al.* Changes in nutrient structure of river-dominated coastal waters: Stoichiometric nutrient balance and its consequences [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1995, 40: 339-356.
- [15] Smith S V. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment[J]. *Limnol Oceanogr*, 1984, 29(6): 1149-1160.
- [16] Redfield A C, Ketchum B H, Richards F A. The influence of organisms on the composition of seawater [A]. HILLMAN. The Sea, Vol 2 [C]. New York: Interscience, 1963: 26-77.
- [17] 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): 41-54.

Assessment of eutrophication of Jiaozhou Bay

DONG Zhao-xuan¹, LOU An-gang¹, CUI Wen-lian²

(1. Department of Environmental Science, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Qingdao Environmental Monitoring Centre, Qingdao 266003, China)

Received: Dec., 14, 2009

Key words: Jiaozhou Bay; eutrophication; assessment

Abstract: Based on the monitoring result of water quality of Jiaozhou Bay in 2000~2009, the assessment on the nutrient level in Jiaozhou Bay and main estuaries was carried out, by the analysis on single-item and the nutrient status index. The result showed that Jiaozhou Bay water utility was poor, because the water was seriously polluted by inorganic nitrogen. The value of N/P was 62.7, indicating a high-N and low-P condition. The nutrient level of Jiaozhou Bay was of moderate-high eutrophication level. The main estuaries were of relatively high eutrophication level, with exceptional level of IN; and the eutrophication level of Moshui-estuary is the highest, and Loushan-estuary second.

(本文编辑: 康亦兼)