

北塘口近岸海域水环境质量时空变化分析及预测

屠建波^{1,2}, 张秋丰^{1,2}, 牛福新^{1,2}, 徐玉山^{1,2}, 江洪友^{1,2}, 刘洋^{1,2}

(1. 国家海洋局 天津海洋环境监测中心站, 天津 300450; 2. 天津市海洋环境监测预报中心, 天津 300450)

摘要: 通过分析 2005 年—2010 年北塘口及其邻近海域水环境现场调查资料, 同时结合历史数据进行对比, 结果表明: (1) 北塘口河口水体中 COD 和 BOD₅ 超标严重, 整体污染态势以 2008 年为界呈现先降低后升高的趋势; 邻近海域水体中无机氮为最主要污染物, 其中硝酸盐是无机氮中最主要组成部分, 但丰水期时亚硝酸盐氮和枯水期时铵盐氮所占比例逐年升高, 说明区域水体氧化还原环境的潜在变化; N/P 比值远高于正常的 Redfield 16 比值表明, 区域水体已处于潜在严重 P 限制状态, 同时, 区域严重富营养化状态也极易诱导区域赤潮爆发; (2) 丰水期陆源无机氮大量输入, 使区域水体大部分时间超该区域功能区划要求的 IV 类海水水质标准, 但底质沉积物环境相对比较稳定, 各监测项目全部符合一类海洋沉积物质量标准要求; (3) 丰水期和枯水期时, 活性磷酸盐含量 1983 年—1998 年分别增加了 16.6 倍和 17.2 倍, 1998 年—2010 年由于监控措施的加强, 极大地降低了 P 排放, 丰水期和枯水期时活性磷酸盐含量最大增幅分别降到了 5.84 倍和 2.33 倍, 无机氮含量增幅也呈现明显减小趋势, 1983 年—1998 年丰水期和枯水期分别增加了 8.37 倍和 13.7 倍, 而 1998 年—2010 年丰水期和枯水期最大增幅也仅为 3.52 倍和 3.28 倍; 整体看来水质和底质环境有缓和趋势, 但潜在威胁仍然严重。

关键词: 北塘口; 环境现状; 时空变化; 评价分析

中图分类号: P76 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2012)08-0098-06

北塘口位于天津市塘沽区, 为蓟运河、永定新河和潮白新河三条河流的汇聚入海口。其中蓟运河流域面积为 9 950 km², 潮白新河流域面积为 19 559 km², 永定新河为 1971 年开辟的入海河道, 自屈家店分洪闸至海口全长 65 km, 除宣泄永定河洪水外, 还纳北京排污河、潮白新河及蓟运河的洪水入海, 并且承接沿途村镇生活污水、农业废水以及养殖废水等, 是天津市入海水量较大的入海河道。目前北塘口南侧正在疏浚围填建设渔人码头景区, 北塘口邻近海域属于渔业港口区, 按照海洋功能区划要求水质为类海水水质质量标准^[1-3]。

为了全面了解北塘口及其邻近海域水环境质量状况以及发展变化趋势, 为管理、决策提供科学依据以及本底资料的积累, 研究和评价北塘口及其邻近海域水环境时空季节变化趋势, 提出防止进一步污染的对策, 对更好地保护区域水环境, 实现区域的可持续开发利用具有重大意义。

1 监测概况和评价方法

1.1 监测概况

根据天津市河口污染状况调查与评估专项

(908-TJ-03)和渤海环境立体监测, 2005 年—2010 年对天津市北塘口及其邻近海域丰水期和枯水期污染状况进行的 11 次现场调查。监测项目主要涉及水文气象要素、水化学要素和沉积物要素。样品采集、预处理和分析分别依据河口生态监测技术规程^[4]、海洋调查规范^[5]、海洋监测规范^[6]和中国国家标准汇编^[7]执行。

按照《河口生态监测技术规程》^[4]的技术规定, 天津市北塘口及其邻近海域(东经 117°43'22" ~ 117°49'44", 北纬 39°02'02" ~ 39°06'33")共布设 3 个调查断面, 6 个调查站位(图 1), 呈扇面分布, 完全覆盖河口区、河口混合区(简称 HH, 包括 BT2 和 BT3 站位)和河口外海区(简称 WH, 包括 BT4, BT5 和 BT6 站位)。其中, 所有调查站位分布在 5 m 等深线以内区域, 站位具体布设情况依据实际情况(低潮能否进行采样)而定。另外, 为作图方便, 北塘口用 BT 代替。

收稿日期: 2011-09-20; 修回日期: 2012-01-10

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项项目(201005009); 天津市河口污染状况调查与评估专项项目(908-TJ-03); 北海分局科技项目(2010B09)

作者简介: 屠建波(1980-), 男, 河南开封人, 硕士, 工程师, 主要从事海洋生态环境评价和生物地球化学循环研究; E-mail: tujb1980@163.com

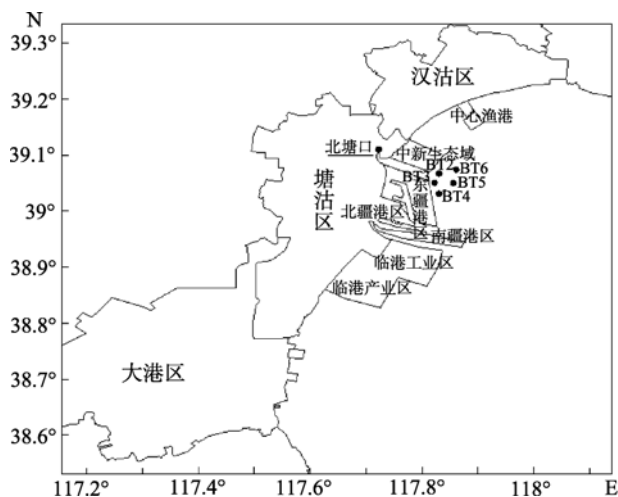


图 1 北塘口及其邻近海域监测站点

Fig. 1 Monitoring sites in the BeiTang Estuary and its adjacent sea areas

1.2 评价方法

采用较为通用的单因子污染指数法对水环境和

底质环境的污染现状进行评价, 考虑到北塘口邻近海域功能区划要求, 河口站位水体属于三条河流汇聚的淡水水体, 所以, 河口站位水质和邻近海域水质质量标准分别按照地表水环境质量标准^[8] 类及海水水质质量标准^[9] 类进行评价, 邻近海域沉积物的质量评价按海洋沉积物质量^[10] 类标准执行。

2 结果与讨论

2.1 北塘口环境现状及变化趋势

2.1.1 河口水环境

2005 年—2010 年丰水期和枯水期, 对北塘口河口站位进行的 11 次监测结果(表 1)表明: COD 和 BOD₅ 一直是北塘口河口区域水环境中突出污染因子, 整体河口站位水环境污染态势为 2005 年—2008 年逐年减缓、2008 年—2010 年又有所加重的趋势, 其他监测指标少数时期也出现了超 Ⅲ 类地表水环境质量标准现象。

表 1 2005 年—2010 年北塘口河口水质污染指数一览表

Tab. 1 The pollution index of the water quality in the BeiTang Estuary from 2005 to 2010

时间 (年-月)	COD	BOD ₅	活性磷 酸盐	氨氮	油类	平均 值	时间 (年-月)	COD	BOD ₅	活性磷 酸盐	氨氮	油类	平均 值
2005-09	17.4	3.33	1.62	3.54	0.006	5.18	2008-08	0.152	0.505	0.663	0.0162	0.0598	0.279
2006-06	7.06	0.417	0.275	-	0.057	1.95	2009-05	0.091	0.11	0.38	0.0615	0.107	0.150
2006-09	5.42	2.32	0.18	1.74	0.136	1.96	2009-08	2.06	1.27	1.06	0.835	0.86	1.22
2007-05	4.87	0.5	0.105	0.0085	1.09	1.31	2010-05	2.4	4.13	0.615	0.017	0.411	1.51
2007-08	0.061	1.76	1.03	1.88	2.69	1.48	2010-08	2.7	4.35	0.6	0.855	0.0719	1.72
2008-04	45.5	0.519	0.22	0.105	0.174	9.30							

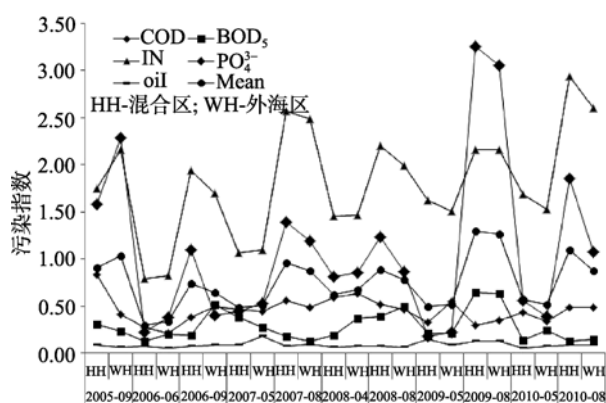


图 2 2005 年—2010 年北塘口邻近海域混合区和外海区水质各监测指标污染程度变化趋势

Fig. 2 The pollution extent of the water in and outer dilution zone of the BeiTang coastal sea areas from 2005 to 2010

2.1.2 河口邻近海域水环境

2005 年—2010 年连续监测北塘口邻近海域混合区和外海区丰水期(6 次)和枯水期(5 次), 水质污染程度变化情况见图 2。图 2 表明, 丰水期航次时, 由于受到大量陆源排污污水输入的影响, 混合区整体污染情况要重于外海区, 区域良好的水体交换能力导致整个邻近海域丰水期污染情况相对均比较严重, 水体普遍为劣四类水质, 污染指数也有大幅度升高。枯水期航次时, 由于受到较小陆源排污污水输入影响, 混合区整体污染情况要轻于外海区, 邻近海域枯水期污染状况相对较轻, 但由于含量逐年增加的无机氮的影响, 使得区域水体普遍为劣四类水质, 其他各监测指标, 除 2008 年活性磷酸盐极大值超 Ⅳ 类海水水质标准外, 其他均符合区域水质标准要求; 无机氮是最突出污染因子, 其中硝酸盐是无机氮中

最主要组成部分。丰水期时，亚硝酸盐氮和枯水期时铵盐氮所占比例逐年升高，说明区域水体氧化还原环境潜在变化正在发生；不同的浮游植物在不同的生活时期有各自独特的营养需求，在对营养的竞争过程中，营养的供应状况会对浮游植物的群落结构产生调节作用^[11]。北塘口 2005~2010 年不同时期 N/P 比值(25~232, 图 3)已远高于海洋正常的比值 16 (Redfield 比值), 表明该区域近年来一直处于明显的潜在 P 限制状态, 并且这种状态枯水期要重于丰水期。郑丙辉等^[12]和于志刚等^[13]也通过研究监测资料证实了目前渤海湾氮、磷营养盐结构的变化已由 20 世纪 80 年代的“氮限制”转化为 20 世纪 90 年代的“磷限制”。

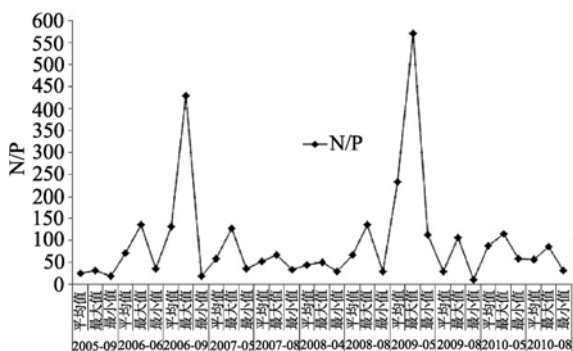


图 3 2005 年—2010 年北塘口邻近海域水质 N/P 变化趋势

Fig. 3 The variation trend of the water quality N/P ratio of the BeiTang coastal sea areas from 2005 to 2010

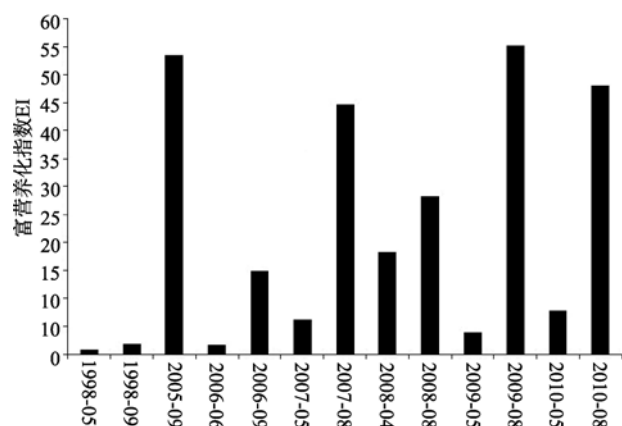


图 4 2005 年—2010 年北塘口邻近海域水质富营养化状况图

Fig. 4 The EI of the water in BeiTang coastal sea areas from 2005 to 2010

邻近海域水体富营养化指数^[14-16]连续变化图(图 4)显示该区域水体始终处于较高富营养化状态,

相比起来由于陆源高营养盐输入使得丰水期处于严重富营养化状态, 枯水期时整个区域相比则比较均匀, 从长时期来看, 富营养化状况明显没有降低, 始终处于赤潮易发状态, 这也正解释了天津近岸海域近年来多数赤潮发生在这个区域的原因。

2.1.3 底质环境

2005 年—2010 年连续监测北塘口丰水期邻近海域底质沉积物, 各监测项目污染程度变化情况见图 5。由图可知, 邻近海域沉积物中个别点位存在高有机碳和石油类情况, 总体有机碳污染指数相对较高, 几年来 3 项监测指标整体变化幅度不大, 整体呈现小幅升高趋势, 一定程度上也说明了底质海洋沉积物比较稳定, 受到影响较小一些, 水质变化并未影响北塘口邻近海域整体一类海洋沉积物质量标准的现状。

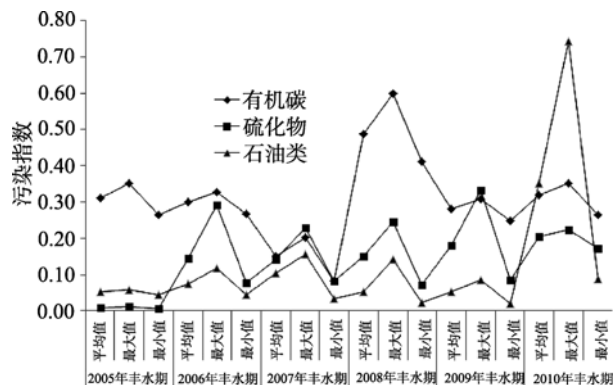


图 5 2005 年—2010 年北塘口丰水期邻近海域沉积物污染程度图

Fig. 5 The pollution extent of the sedimental environment in high water period of the BeiTang coastal sea areas from 2005 to 2010

2.2 与历史监测资料对比

有关天津近岸北塘口及其邻近海域海洋环境状况监测的历史数据比较欠缺, 仅以 1983 年天津市海岸带和海涂资源综合调查及 1998 年天津市水质监测结果进行列表(表 2)对比分析, 一定程度上可以反映天津近岸北塘口海洋环境状况的变化。

北塘口邻近海域活性磷酸盐、无机氮(亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨盐氮)呈现持续迅猛增长的趋势; 丰水期和枯水期时活性磷酸盐含量 1983 年—1998 年分别增加了 16.6 倍和 17.2 倍, 而 1998 年—2009 年由于政府加强监控, 尤其是含 P 洗衣粉的大规模限制使用, 极大地降低了 P 排放, 丰水期和枯水期时活性磷酸盐含量最大增幅分别降到了 5.84 倍和 2.33 倍;

无机氮含量增幅也呈现明显减小趋势(1983 年—1998 年丰水期和枯水期分别增加了 8.37 倍和 13.7 倍; 而 1998 年—2010 年丰水期和枯水期最大增幅也仅为 3.52 倍和 3.28 倍, 说明近年来政府的各项措施起到了明显作用。政府的一系列控制陆源污染物排放入

海的举措已经显现出明显的作用, 陆源排污污染物浓度增速明显变缓, 然而, 随着天津滨海新区北塘口区域海洋经济的发展, 将会有大量陆源污染物输入, 使北塘口邻近海域区域环境自净容量越来越小, 区域富营养化现状更趋严重。

表 2 天津市北塘口邻近海域不同时期海水水质变化情况一览表

Tab. 2 Variations of the water quality monitoring items of the BeiTang coastal sea areas during different water period

时 期	时间 (年-月)	活性 磷酸 盐	硝酸 盐氮	亚硝酸 盐氮	氨盐 氮	无机 氮	时 期	时间 (年-月)	活性磷 酸盐	硝酸 盐氮	亚硝酸盐 氮	氨盐 氮	无机 氮
		(μg/L)							(μg/L)				
丰 水 期	1983-08	1.17	4.45	1.25	14.95	20.65	枯 水 期	1983-05	0.62	5.67	0.38	13.9	19.95
	1998-09	20.6	167	49.1	87.8	304		1998-05	11.3	139	7.87	40.4	187
	2005-09	90.3	889	69.0	40.6	999		2006-06	14.4	342	65.3	6.35	409
	2006-09	30.6	681	155	61.6	897		2007-05	22.3	452	21.5	70.6	544
	2007-08	57.4	822	320	121	1262		2008-04	37.6	476	79.2	176	731
	2008-08	46.2	635	374	34.2	1043		2009-05	9.26	480	186	116	782
	2009-08	141	610	408	63.0	1080		2010-05	21.1	518	162	120	800
2010-08	63.5	757	573	44.4	1375								

3 结论及建议

(1)河口水体中 COD、BOD₅、氨氮是突出污染因子, 2005 年 COD 超《地表水环境质量标准》类标准达 17.4 倍。丰水期高无机氮输入使得整个北塘口邻近海域水质超过海洋功能区划要求的区域四类海水水质标准。营养盐是北塘口邻近海域水体中的最主要污染物, 其中无机氮是最为突出的污染因子, 而其中硝酸盐是无机氮中最主要组成部分, 不过丰水期时亚硝酸盐氮和枯水期时铵盐氮所占比例正在逐年升高, 说明区域水体氧化还原环境潜在变化正在发生。

(2)极大失衡的 N/P 比值表明该区域水体已经处于严重的 P 限制状态; 区域严重的富营养化状态也极易诱导赤潮大规模发生。

(3)丰水期和枯水期时, 活性磷酸盐含量 1983 年—1998 年分别增加了 16.6 倍和 17.2 倍, 而 1998 年—2009 年由于政府加强监控, 尤其是含 P 洗衣粉的大规模限制使用, 极大地降低了 P 排放, 丰水期和枯水期时活性磷酸盐含量最大增幅分别降到了 5.84 倍和 2.33 倍; 无机氮含量增幅也呈现明显减小趋势(1983 年—1998 年丰水期和枯水期分别增加了 8.37

倍和 13.7 倍; 而 1998 年—2010 年丰水期和枯水期最大增幅也仅为 3.52 倍和 3.28 倍, 说明近年来政府的各项措施起到了明显作用, 但整体缓慢持续增加的态势仍应引起高度重视。

针对目前北塘口及其邻近海域的污染现状, 海洋行政管理部门应尽快采取行动: (1)出台相关海洋环境管理和区域开发集约用海规划, 加强对河口邻近海域的跟踪监测, 加强实施监察、监督管理的力度; (2)实行陆源入海排污总量政策, 严控陆源污染物入海规模; (3)加强城市污水处理的资金和技术投入, 提高处理效率; 最后还应当进一步增强国民环保意识, 加大环保宣传力度, 发挥群众的监督作用, 争取社会各界对海洋环境保护工作的关注与支持, 促进区域资源的可持续开发利用。

致谢: 国家海洋局天津海洋环境监测中心站污染监测胡延忠、石海明、陈玉斌、王彬、阚文静、高文胜、尹翠玲、李赫、于丹、薄文杰、王芹、张亚楠等参加野外调查与取样工作, 同时评审老师也为文章修改提出宝贵意见, 在此一并致谢。

参考文献:

[1] 天津市海岸带和海洋资源综合调查综合组. 天津市

- 海岸带和海洋资源综合调查报告[R]. 北京: 海洋出版社, 1987.
- [2] 天津市海洋局. 天津市海洋功能区划(AAB30G-0303-2008-00002)[EB]. 2008. http://www.tj.gov.cn/zwgk/fzgh/sthj/200904/t20090413_92660.htm
- [3] 天津市统计局编. 天津市统计年鉴 2008 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [4] 国家海洋局. 河口生态监测技术规程 HY/T 085-2005[S]. 北京: 中国标准出版社 2005.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范(GB/T 12763-2007)[S]. 2008.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 海洋监测规范(GB/T 17378-2007)[S].2008.
- [7] 中国标准出版社总编室. 中国国家标准汇编 252(GB 17365-17385) [S].北京: 中国标准出版社, 1999.
- [8] 国家环境保护总局国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准(GB 3838-2002)[S].北京: 中国环境科学出版社 2002.
- [9] 国家环境保护局. 中华人民共和国国家标准. 海水水质标准(GB 3097-1997)[S].北京: 环境科学出版社, 1998.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 海洋沉积物质量(GB 18668-2002)[S].北京: 中国标准出版社 2002.
- [11] Yu Z G, Zhang J, Yao QZ, et al. Nutrients in the Bohai Sea[A]. In: HongGH, Zhang J, Chung C S (eds). Biogeochemical process in the Bohai and Yellow sea[C]. Seoul: The Dongjin Publication Association, 1999: 11-20.
- [12] 郑丙辉, 秦延文, 孟伟, 等. 1985~2003 年渤海湾水质氮磷生源要素的历史演变趋势分析[J]. 环境科学, 2007, 28(3): 494-499.
- [13] 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与相互关系[J]. 海洋环境科学, 2000, 19(1): 15-19.
- [14] 邹景忠, 董丽萍, 秦保平. 渤海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.
- [15] 林荣根. 海水富营养化水平评价方法浅析[J]. 海洋环境科学, 1996, 15(2): 28-31.
- [16] 蔡建东, 董燕红, 朱小山, 等. 珠江口水域富营养化分析[A]. 中国赤潮研究与防治(一)[C]. 北京: 海洋出版社, 2005, 121-127.

Spatio-temporal variational analysis and prediction of water quality in the BeiTang Estuary and its coastal sea areas

Tu Jian-bo^{1,2}, Zhang Qiu-feng^{1,2}, Niu Fu-xin^{1,2}, Xu Yu-shan^{1,2}, Jiang Hong-you^{1,2}, Liu Yang^{1,2}

(1. Tianjin Marine Environmental Monitoring Central Station, SOA, Tianjin 300450, China; 2. Tianjin Marine Environmental Monitoring and Forecasting Center, Tianjin 300450, China)

Received: Sep., 20, 2011

Key words: BeiTang Estuary; environmental status; Temporal and spatial variation; assessment and analysis.

Abstract: Based on the analysis of the large quantity of monitoring materials on BeiTang estuary and its coastal sea areas from 2005 to 2010, and the comparison with historical data, it was shown that (1) COD and BOD₅ in the water of the BeiTang estuary significantly exceeded the fifth sort of environmental quality standards for surface water. And the overall pollution decreased before 2008 and increased after 2008. IN was the major pollutant in the costal sea areas and the proportion of the nitrite nitrogen in high water period and the ammonia nitrogen in low water period was yearly increased, suggesting the potential changes of oxidation-reduction context. The fact that N/P ratios

outclassed the Redfield 16 indicated the potentially serious P limits and the further badly eutrophication status, which could easily initiate the outburst of Red Tide. (2) A great deal of land-sourced IN pollutants were poured into the coastal sea areas and this make the water quality be in the inferior fourth sort of national water quality. In contrast, the sedimentary environment was relatively stationary, corresponding to the enormously changing of water environment. (3) From 1983 to 1998, the concentration of phosphate and IN was increased by 16.6 and 8.37 times in high water period and 17.2 and 13.7 times in low water period, respectively. Compared with the early rapid growth, the relatively lower growth rate of phosphate and IN was only 5.84 and 3.52 times in high water period and 2.33 and 3.28 times in low water period separately under strict control from 1998 to 2010. Although the water and sediment quality appeared a relaxed trend in the larger pollutants, there still existed serious threat.

(本文编辑:康亦兼)