

北部湾防城港近岸海域海水环境参数变化与水质状况评价

Changes of Seawater Environmental Parameter and Assessment of Water Quality in Beibu Gulf Fangchenggang Inshore

何祥英

HE Xiang-ying

(防城港市海洋环境监测预报中心, 广西防城港 538001)

(Fangchenggang Marine Environmental Monitoring and Forecasting Center, Fangchenggang, Guangxi, 538001, China)

摘要:根据 2004~2010 年北部湾防城港近岸海域的水质监测数据,对北部湾防城港近岸海域的海水环境参数变化与水质状况进行评价。检测海水环境参数:化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、溶解氧、石油类和重金属的变化情况。结果表明,北部湾防城港近岸海域水质状况总体良好,存在的主要超标因子是无机氮和活性磷酸盐,其中北仑河口主要受到无机氮污染,防城湾主要的污染物是活性磷酸盐,珍珠湾水质较清洁,市政排污、养殖排污和工业排污是防城港近岸海域的主要污染源。近岸海域化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐均呈现明显上升趋势,其中无机氮和活性磷酸盐年均值增长较快,由此说明北部湾防城港近岸海域水质污染程度正逐步加大,需引起足够重视。

关键词:水质 富营养化 有机污染

中图分类号:X824 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2012)04-0293-05

Abstract: The water quality of Beibu Gulf Fangchenggang Inshore was analyzed and evaluated based on the monitoring results in 2004~2010. The results showed that the quality of water in Beibu Gulf Fangchenggang Inshore is generally high. Inorganic nitrogen and active phosphate are the main factor over the standard. Beilun port was mainly affected by inorganic nitrogen pollution and Fangcheng Bay was mainly polluted by active phosphate, while less pollution was detected in Pearl Bay. The increase of COD, inorganic nitrogen and active phosphate, especially the rapid increase of last two indexes, indicated that the pollution in Beibu Gulf Fangchenggang Inshore dramatically increased, which required more attention for protection of water quality.

Key words: water quality, eutrophication, organic pollution

防城港市位于北部湾北部的广西南部,西与越南接壤,是中国大陆海岸线的最西南端,地理位置特殊,全市海岸线长 584km,岸线蜿蜒曲折,滩涂宽阔,沿岸有北仑河口、珍珠湾、防城湾等港湾,近岸滩

涂养殖、浅海捕捞和港口航运是防城港市主要的海洋经济活动。近年来国家加大了对防城港市的发展规范,先后把防城港市纳入中国-东盟自由贸易区和北部湾经济区等区域经济区,并于 2011 年批准成立东兴国家重点开发开放试验区,随着防城港市的工农业、边境贸易及旅游业的迅速发展,大量生活污水、工业废水和养殖污水排入海湾,对海洋环境造成了一定影响。目前对防城港近岸海域的水质营养状

收稿日期:2012-04-19

修回日期:2012-06-25

作者简介:何祥英(1978-),女,工程师,主要从事海洋环境研究。

况报道较少^[1,2]。本文根据2004~2010年防城港市的防城湾、珍珠湾和北仑河口3个近岸海域重点海湾的水质监测资料,对防城港近岸海域的水质状况进行分析和评价,为防城港市近岸海域管理提供一定的科学依据和建议。

1 材料与方法

1.1 水质监测站点布设和样品采集

2004~2010年,在防城港市近岸布设水质监测站点6个,分成3个局部海域,其中防城湾、珍珠湾、北仑河口各2个站点,详见图1。由于监测站处于近岸河口及湾口,水质受潮汐影响较大,为保证监测结果的可比性,减少潮汐对水质监测结果的影响,每年选择在8月中潮期及临近时间采样监测水质。

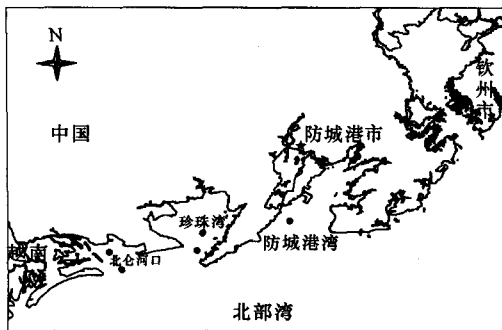


图1 水质监测站点布设

样品的采集、处理、运输和分析严格按照《海洋监测规范》和《海洋调查规范》^[3~6]进行,检测海水的环境参数:化学需氧量(COD)、无机氮(DIN)、活性磷酸盐(DIP)、溶解氧(DO)、石油类和重金属。

1.2 评价标准和方法

由于珍珠湾和北仑河口海域主要为养殖区,防城湾以养殖区和港口码头区为主,因此海水环境参数的单项指标标准值参考国家《海水水质标准》(GB3097-1997)^[7]中的二类标准提出的富营养化临界值,COD、DIN、DIP及石油类分别取值为3.00mg/L、0.300mg/L、0.030mg/L、5.000mg/L为富营养化阈值。海水水质状况评价采用目前国内常用的营养指数法和有机污染评价指数法^[7]划分防城港市近岸海域的营养水平和有机污染状况,同时根据我国近海海域普遍具有营养盐比例不平衡,主要河口、海湾水体中N:P(原子比)几乎都偏离Redfield值的特点,采用郭卫东等^[9]的营养级划分原则,对防城港市近岸海域潜在性富营养化程度进行分类分级评价。

营养指数采用公式: $E = \text{COD} \times \text{DIP} \times \text{DIN} \times 10^6 / 4500$ 计算,式中, E 为营养水平指数,COD、

DIP、DIN的单位以mg/L表示。当 $E < 1$ 时,则水体为贫营养状态;当 $E \geq 1$ 时,则水体为富营养状态。 E 值越大,富营养化程度越高。

有机污染指数采用公式: $A = \text{COD}_i / \text{COD}_0 + \text{DIN}_i / \text{DIN}_0 + \text{DIP}_i / \text{DIP}_0 - \text{DO}_i / \text{DO}_0$ 计算,式中, A 为有机污染指数; COD_i 、 DIN_i 、 DIP_i 、 DO_i 为实测值; COD_0 、 DIN_0 、 DIP_0 、 DO_0 为水体的评价标准,按GB3097-1997(海水水质评价标准)中的二类海水水质标准对防城港近岸三大重点海湾进行评价,其值分别为3.00 mg/L、0.300 mg/L、0.030 mg/L、5.000mg/L。计算得到 A 值后,对海水污染状况进行评估。其判别标准为:当 $A < 0$,水质为良好; $0 < A < 1$,水质为较好; $1 < A < 2$,水质开始受到污染; $2 < A < 3$,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。

潜在性富营养程度划分原则如表1所示。

表1 营养级的划分原则

营养级	DIN (mg/L)	DIP (mg/L)	N:P
贫营养	<0.20	<0.03	8~30
中度营养	0.20~0.30	0.03~0.045	8~30
富营养	>	>0.045	8~30
磷限制中度营养	0.20~0.30	—	>30
磷中等限制潜在性富营养	>0.30	—	30~60
磷限制潜在性富营养	>0.30	—	>60
氮限制中度营养	—	0.03~0.045	<8
氮中等限制潜在性富营养	—	>0.045	4~8
氮限制潜在性富营养	—	>0.045	<4

2 结果与分析

2.1 海水环境参数变化

根据2004~2010年防城港市近岸海湾COD、DIN、DIP及石油类4项参数的年际变化数据(表2),对各参数统计分析可知,COD除2010年北仑河口的值超二类海水标准外,7a中各海湾的COD值没有达富营养化阈值;COD年均值范围是0.61~4.01 mg/L,防城湾除2008年较高外,其它年份变化差别不大,北仑河口COD年均值呈起伏上升趋势,平均污染指数北仑河口最高,珍珠湾最低。DIN是防城湾的DIN年平均值呈现小幅度上升趋势,范围0.039~0.255 mg/L,全部都未达富营养化阈值;北仑河口的DIN年平均值表现为起伏上升趋势,范围0.064~0.637 mg/L,6a的DIN平均值达0.280,接近富营养化临界值0.30,是3个海湾中DIN污染最严重的海湾;珍珠湾DIN年平均值呈先

升后降的趋势,范围是0.005~0.321 mg/L,是3个海湾中最低的。DIP污染最严重的是防城湾,该湾DIP年平均值范围是0.0030~0.0922mg/L,2009年该湾DIP年平均值首次超过富营养化阈值,2010年高达0.0922 mg/L,DIP平均值呈现明显的逐年上升趋势;珍珠湾及北仑河口DIP污染程度较低,年平均值全部低于富营养化阈值。石油类污染程度除2008年和2009年的珍珠湾及北仑河口出现较低值外,各湾相差不大,年平均值0~0.068 mg/L,而且3个海湾同时呈现先升后降再升的趋势,平均污染指数介于0.50~0.72,其中防城湾的年平均污染指数相对稍高,珍珠湾和北仑河口基本相当。此外,在2004年、2005年、2008年、2009年及2010年对3个海湾水质重金属的Cu、Pb、Zn、Cd进行了监测,5a的监测结果全部符合一类海水水质标准。

表2 防城港近岸海湾海水环境参数的年际变化

海区	年度	COD (mg/L)	DIN (mg/L)	DIP (mg/L)	石油类 (mg/L)
防城港	2004	1.09	0.039	0.0030	0.023
	2005	1.26	0.255	0.0056	0.040
	2006	1.67	0.105	0.0130	0.068
	2007	1.06	0.102	0.0120	0.038
	2008	2.61	0.249	0.0185	0.034
	2009	0.88	0.231	0.0315	0.024
	2010	1.45	0.235	0.0922	0.026
	平均	1.39	0.163	0.0224	0.036
北仑河口	2004	1.19	0.102	0.0024	0.016
	2005	2.14	0.064	0.0070	0.045
	2006	1.28	0.176	0.0053	0.057
	2007	2.65	0.502	0.0130	0.028
	2008	1.90	0.386	0.0011	0
	2009	0.88	0.092	0.0254	0.003
	2010	4.01	0.637	0.0153	0.040
	平均	1.89	0.274	0.0089	0.027
珍珠湾	2004	0.67	0.018	0.0020	0.018
	2005	0.66	0.005	0.0285	0.032
	2006	0.61	0.062	0.0004	0.056
	2007	0.98	0.177	0.0027	0.032
	2008	1.01	0.321	0.0085	0
	2009	0.70	0.158	0.0043	0.012
	2010	1.33	0.111	0.0043	0.025
	平均	0.86	0.128	0.0078	0.025

2004~2010年,防城港近岸三海湾海水环境参数COD、DIN、DIP和石油类平均污染指数年际变化结果(图2)显示,除2008年和2010年的DIN、2010年

的DIP和2006年石油类平均污染指数超1.00外,其它年份4个环境参数的污染指数均低于1.00,说明北部湾防城港近岸海域海水环境总体较好;2004~2010年,海水COD、DIN和DIP都呈现上升趋势,其中DIN和DIP增长较快,COD增长较缓,石油类呈起伏变化。

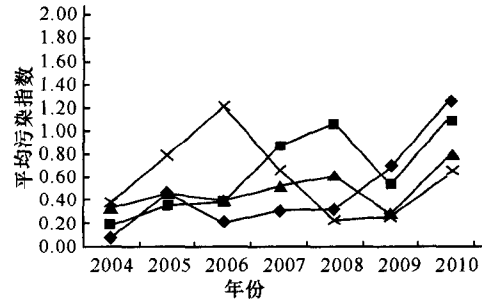


图2 防城港近岸海域4个海水环境参数的平均污染指数年际变化

▲:COD, ■:DIN, ◆:DIP, ×:石油类。

2.2 海水水质状况评价

表3结果表明,防城湾营养水平指数值2004~2007年均小于1,为贫营养水平,2008~2010年营养水平指数值大于1,达富营养水平,2010年的营养水平指数值为6.98,是7a中最高,富营养化趋势十分明显;从潜在性富营养化方面,从贫营养水平→磷限制中度营养水平→中度营养水平→氮限制潜在性富营养水平,呈现明显的逐年增长趋势;有机污染方面从较轻程度污染→中度污染→严重污染,也呈现明显的逐年增长趋势。北仑河口除2007和2010年达富营养水平外,其它年份为贫营养水平,其中2010年营养水平指数值为8.68,富营养程度最严重;在潜在性富营养化方面:2004年、2005年、2006年和2009年为贫营养水平,2007年,2008年和2010年为磷中等限制或磷限制潜在性富营养水平,无机氮污染加重明显;有机污染方面:2004和2005年较好,2006年开始受到有机污染,此后污染加重明显,2007和2010年达严重污染水平。珍珠湾在营养化方面,除2008年为磷中等限制潜在性富营养水平,其它年份均为贫营养水平;有机污染除2007和2008年为开始受到污染和轻度污染外,其它年份均为良好和较好水平。防城湾和北仑河口的营养水平和有机污染程度均呈现上升趋势,其中防城湾受无机磷污染程度加重,北仑河口为受无机氮污染加重,珍珠湾水质较好,营养水平和有机污染程度在3个湾中都是最低。

表3 防城港市近岸海域富营养化评价和有机污染评价

海区	年度	有机污染指数	有机污染评价	营养水平指数	富营养化评价	潜在性富营养化评价
防城湾	2004	-0.33	良好	0.03	贫营养	贫营养
	2005	2.18	轻度污染	0.40	贫营养	磷限制中度营养
	2006	1.57	开始受到污染	0.51	贫营养	贫营养
	2007	0.99	较好	0.29	贫营养	贫营养
	2008	3.53	中度污染	2.67	富营养	磷限制中度营养
	2009	3.58	中度污染	1.42	富营养	中度营养
北仑河口	2010	7.59	严重污染	6.98	富营养	氮限制潜在性富营养
	2004	0.16	较好	0.06	贫营养	贫营养
	2005	0.48	较好	0.21	贫营养	贫营养
	2006	1.17	开始受到污染	0.27	贫营养	贫营养
	2007	5.58	严重污染	3.84	富营养	磷中等限制潜在性富营养
	2008	3.20	中度污染	0.18	贫营养	磷限制潜在性富营养
珍珠湾	2009	1.73	开始受到污染	0.46	贫营养	贫营养
	2010	7.62	严重污染	8.68	富营养	磷中等限制潜在性富营养
	2004	-0.82	良好	0.01	贫营养	贫营养
	2005	0.87	较好	0.02	贫营养	贫营养
	2006	-0.51	良好	0.00	贫营养	贫营养
	2007	1.18	开始受到污染	0.10	贫营养	贫营养
	2008	2.80	轻度污染	0.61	贫营养	磷中等限制潜在性富营养
	2009	0.93	较好	0.11	贫营养	贫营养
	2010	0.48	较好	0.14	贫营养	贫营养

3 讨论

防城港近岸海域重点海湾水质状况总体良好,无机氮和活性磷酸盐是主要超标因子,其中,防城湾主要的污染物是活性磷酸盐,珍珠湾主要受到无机氮污染。防城湾从2004年起水质由贫营养转到磷限制中度营养后,到2009年和2010年转变为氮限制潜在性富营养,无机磷污染加重,成为该区域最主要的污染物,生活污水排放、工厂排污及港口码头污水入海是防城湾污染的主要原因。防城湾是一个溺谷型港湾,位于中间的渔万岛将其分成东、西两个湾,防城湾是广西沿海最大的商港,以港口运输为支柱产业,近年来随着海洋开发热潮的兴起,港口资源、城区建设、水产养殖和海湾开发均呈现迅猛发展的势头,东湾东侧和北侧沿岸是防城港市主要工业区,分布有防城港市污水处理厂、火力发电厂、硫酸厂及数家磷酸厂等,处理不充分的废水排入东湾,很容易引起东湾水质污染,其中2010年防城港市海洋环境监测中心对防城港市污水处理厂排污口的监测结果显示,该排污口主要超标污染物是化学需氧量(COD_{Cr})和悬浮物,平均超标率分别为100%和75%。防城湾湾口有防城港市主要的码头和深水泊位,船舶及码头作业废水直接向海排放,也是防城湾水质污染来源之一;防城湾西北部有防城江注入,该

河中上游的防城区是防城港市人口最多的城区,每年都有大量的城区生活污水和中小企业生产废水排入防城江。2010年,年平均径流量为17.9亿米³,每年由该河排入海中的COD、营养盐、石油类和重金属等污染物总量约为9.25万吨^[10]。这些物质流经西湾排向外海,是西湾水质污染的主要来源。珍珠湾是一个漏斗型浅滩海湾,湾口狭窄,上游有江平江和黄竹江两条入海河流输入淡水,该湾历来水质优良,是著名的海水珍珠养殖基地,湾内外水体交换能力较强,湾四周多是植被生长良好的山丘,附近村镇居民以农业、渔业和水产养殖业为主,周边工业企业较少,市政及工业排污较少,湾内主要的污染源是周边的养殖排污,水质从贫营养变化为磷中等限制潜在性富营养和磷限制潜在性富营养,营养水平和有机污染程度在3个湾中是最低的。北仑河口上游是中越界河——北仑河,界河北侧是中国的东兴市,南侧是越南芒街市,界河两侧居民的市政生活污水、有害农业废水直接排入界河,此外,北仑河口两侧均密集分布着几百口的对虾、青蟹养殖塘,养殖投入的饵料含有丰富的营养物质,通过北仑河口向海内排放,污染海水。

防城港近岸3个海湾的石油类含量除个别年份外,基本表现为同时增加或同时减少,而且3个海湾在相同年份石油类含量基本相当,没有明显地域差

别,说明湾内人类活动及陆源排污产生的石油类污染较少,海湾的石油类污染主要来源于湾外海域。此外,防城港重点海湾水质 Cu、Pb、Zn、Cd 监测结果全部符合一类海水水质标准,重金属污染程度很低。

防城港近岸 3 个海湾的海水化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐的污染程度均呈现上升趋势,其中,防城湾及珍珠湾的营养水平和有机污染程度也均呈现明显上升趋势。目前普遍认为,近岸海域氮、磷营养盐和耗氧有机物的大量输入是水体富营养化的先决条件,而水体富营养化则是导致赤潮发生的物质基础。在北部湾近岸海域中,部分城市所辖海域以前有发生赤潮的报道^[1],防城港近岸海域 2010 年前未曾有报道。2011 年 10 月底至 11 月初,防城港东西湾海域发现一种赤潮生物——棕囊藻的爆发性繁殖,受天气和海水污染等因素影响,棕囊藻快速繁殖,影响面积波及整个东湾和西湾小部分海域,另外,防城港红沙—沙螺寮沿岸海域也受到钦州港海域赤潮的影响。防城港近岸海域发生赤潮,说明海湾的水体富营养化程度加重,需要引起足够重视,实施严格的陆地污染源排放总量控制,搞好沿海产业结构和工业布局,提高工业废水和市政污水处理率,逐步减少污水直接排海量,加大海洋环境保护执法力度,重视沿岸在建、已建工程的海洋环境监督管理。同时,还要合理调整海水养殖业的布局,实行科学养殖,生态养殖,在潮间带宜林区开展人工种植红树林、修复滩涂湿地生态等海洋环境生态修复项目,改善水质状况。

参考文献:

- [1] 韦蔓新,赖廷和,何本茂. 防城湾水质特征及营养状况趋势研究[J]. 海洋通报,2003,22(1):44-49.
- [2] 蒙珍金,覃盈盈,何祥英,等. 珍珠湾海水增殖区 2004~2008 年丰水季节的水环境变化趋势分析[J]. 广西科学院学报,2011,27(1):25-28.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB17378.4-1998,海洋监测规范第 4 部分:海水分析[S]. 北京:中国标准出版社,1998.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB17378.4-2007,海洋监测规范第 4 部分:海水分析[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB/T112763.4-1991,海洋调查规范第 4 部分:海水分析[S]. 北京:中国标准出版社,1991.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB/T112763.4-2007,海洋监测规范第 4 部分:海水分析[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [7] 国家环境保护总局. GB3097-1997,海水水质标准[S]. 2002.
- [8] 海水增殖区监测技术规程[S]. 2002.
- [9] 郭卫东,章小明,杨逸萍,等. 中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价[J]. 台湾海峡,1998,17(1):64-69.
- [10] 防城港市海洋局. 2010 年防城港市海洋环境质量公报[S]. 2011.
- [11] 李凤华,赖春苗. 广西海域赤潮调查及对策建议[J]. 环境科学与管理,2007(9):76-77,109.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第 286 页)

- [168] 张韵思,郝淑贤,黄卉,等. CO 发色罗非鱼片中耐冷腐败菌的分离、鉴定及其生长特性[J]. 中国水产科学,2010(3):570-577.
- [169] 张杰,王跃军,刘均忠,等. 抗菌性海藻酸钠涂膜在罗非鱼片保鲜中的应用[J]. 渔业科学进展,2010(2):102-108.
- [170] 袁翠霖,李卓佳,杨莺莺,等. 芽孢杆菌制剂对养殖前罗非鱼池塘微生物群落代谢功能的影响[J]. 生态学杂志,2010(12):2464-2470.
- [171] 马骞,洪婧妮,蒋秋芬,等. 哈维氏弧菌对条纹斑竹鲨 4 种酶活性的影响[J]. 台湾海峡,2010(2):196-204.
- [172] 王玉婷,邵秀芝,冀国强. 大黄鱼冷藏过程中品质变化及腐败菌的分析及抑菌研究[J]. 肉类研究,2010(11):11-15.
- [173] 徐晓津,徐斌,王军,等. 大黄鱼感染哈维氏弧菌后血液生化指标的变化及组织病理学观察[J]. 水产学报,2010(4):618-625.
- [174] 戴瑜来,吕永林,李凯,等. 大黄鱼溃疡病的组织病理和超微病理研究[J]. 热带海洋学报,2010(5):174-179.
- [175] 冯春明,景宏丽,李莹,等. 大龙六线鱼链球菌病的病原及其防治[J]. 大连水产学院学报,2010(3):270-274.
- [176] 郑风荣,陈皓文. 中国海洋微生物学 2009 年研究进展[J]. 广西科学院学报,2011,27(4):341-347.

(责任编辑:陈小玲 邓大玉)