

◆海洋生态环境◆

防城港湾连续 10 年海水水质变化及其影响因素分析*

庞敏倩

(广西壮族自治区海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

摘要:选取防城港湾(东湾、西湾和外湾)2010-2019年近岸海域海水水质的数据,对其海水环境变化情况及影响因素进行分析。研究参数包括化学需氧量(COD)、活性磷酸盐(DIP)、氨氮(NH_4^+ -N)、亚硝酸盐氮(NO_2^- -N)和硝酸盐氮(NO_3^- -N)。采用综合污染指数法和富营养指数法对防城港湾近岸海域海水水质变化进行评价,营养盐与各影响因子的相互关系采用 Pearson 相关性分析。研究结果表明,在近 10 年工业开发过程中,防城港湾海域水质状况总体良好,海水水质污染级别为较好至轻度污染,主要超标因子为活性磷酸盐。海域富营养化水平在轻度富营养化至中度富营养化之间,营养盐浓度整体呈现西湾>东湾>外湾,内湾大于外湾的分布趋势。西湾无机氮随季节变化明显,而活性磷酸盐随季节变化不明显;丰水期西湾和东湾无机氮浓度差异显著,这可能与西湾防城江入海径流夏季大量输出有关。个别年份如 2013 年和 2017 年出现水质超标的原因与该地区环境基础设施未完善以及工业企业污染物超标排放有关。

关键词:港湾 水质变化 影响因素 广西 防城港

中图分类号: X824 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2021)01-0029-08

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210429.007

0 引言

防城港市位于东经 $107^{\circ}28'$ - $108^{\circ}36'$, 北纬 $20^{\circ}36'$ - $22^{\circ}22'$, 地处广西壮族自治区北部湾经济区的核心区域, 居北回归线以南。防城港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^[1], 港湾沿岸是产业分布较密集、经济开发比较集中的区域, 同时也是防城港市海洋环境污染压力最大的区域之一^[2]。已有不少学者开展了防城港湾的水环境研究, 如戴培建^[3]以 1990 年春、秋 2 个航次对防城港及

其附近海域水体营养化和有机污染状况进行评价; 何祥英^[1]对 2004-2010 年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; 叶朝放等^[2]对防城港湾浮游植物的多样性分布和水质状况进行评价; 刘俐等^[4,5]对防城港西湾海域水质状况进行调查和评价。这些研究是掌握防城港湾污染及受周边活动影响情况的重要依据。目前, 关于防城港湾附近海域在工业开发过程中的海水水质变化研究报道较少, 同时缺乏大尺度长时间水质的变化趋势分析, 难以科学决策提供必要的支撑。本研究以 2010-2019 年

* 广西科技计划项目(桂科 AB20297018, 桂科 AD191110140, 桂科 AB20297037 和桂科 AB18126075)资助。

【作者简介】

庞敏倩(1995-), 女, 助理工程师, 主要从事海洋环境研究, E-mail: minqianpang163@163.com。

【引用本文】

庞敏倩. 防城港湾连续 10 年海水水质变化及其影响因素分析[J]. 广西科学院学报, 2021, 37(1): 29-36.

PANG M Q. Analysis of Seawater Quality Variation and Influencing Factors in Fangchenggang Bay for the Past Ten Years [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(1): 29-36.

防城港湾附近海域水质数据为研究对象,对较长时间序列和空间跨度的海水水质变化进行分析,为该海域的环境保护和合理开发提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间及站位

在防城港西湾、东湾、外湾共设置 3 个站位,分别为 Q1、Q2、Q3 (图 1)。收集 3 个站位 2010–2019 年枯水期(3–4 月,2010 年为 1 月采样),丰水期(7–8 月),平水期(10–11 月)的监测数据,以 Q3 站位作为 Q1、Q2 站位的参照。

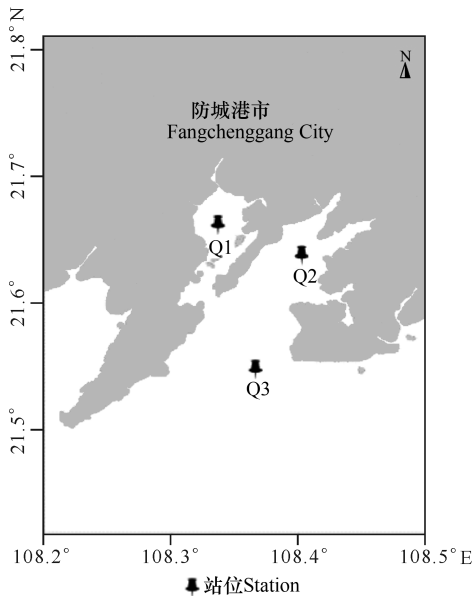


图 1 采样站布设

Fig. 1 Location of sampling station

1.2 现场采样及样品分析

氨氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、亚硝酸盐氮($\text{NO}_2^- - \text{N}$)和硝酸盐氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)分别采用次溴酸盐氧化法、萘乙二胺分光光度法、镉柱还原法测定;无机氮(DIN)浓度为氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮浓度之和。活性磷酸盐(DIP)和化学需氧量(COD)分别采用磷钼蓝萃取分光光度法和碱性高锰酸钾法测定。依照《海洋监测规范》第 4 部分 海水分析的方法(GB 17378. 4 – 2007)^[6],采集表层(水面下 0.1–1.0 m)海水样品进行测定,测定的样品依照规范进行质量控制。

1.3 数据处理与评价

监测数据主要以综合污染指数和水体富营养化指数方法进行评价,营养盐与各影响因子的相互关系

采用 Pearson 相关性分析。水质类别评价标准依照《海水水质标准》(GB 3097–1997)^[7](表 1),图表使用 Origin 和 SPSS 软件进行统计分析。本研究涉及的数据主要来源:2009–2019 年广西壮族自治区海洋环境监测中心站常规监测数据、广西近岸海域环境质量报告书、防城港市国民经济和社会发展统计公报、防城港年鉴等相关调研资料和发表文献。

表 1 海水水质标准(mg/L)

Table 1 Sea water quality standard (mg/L)

级别 Level	化学需氧量 Chemical oxygen demand (COD)	无机氮 Inorganic nitrogen (DIN)	活性磷酸盐 Active phosphate (DIP)
第一类 The first kind	≤ 2	≤ 0.20	≤ 0.015
第二类 The second kind	≤ 3	≤ 0.30	≤ 0.030
第三类 The third kind	≤ 4	≤ 0.40	≤ 0.030
第四类 The fourth kind	≤ 5	≤ 0.50	≤ 0.045

1.3.1 综合污染指数

综合污染指数是对各监测污染指标的相对污染指数进行统计,再将各单项污染指数相加并计算算术平均值。根据污染指数可判断出水体的污染程度及主要污染物。其计算公式为

$$P = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m P_i,$$

式中, P 为综合污染指数, P_i 为第 i 项污染物的污染指数($P_i = \frac{C_i}{C_o}$), C_i 为第 i 项污染物的浓度值, C_o 为第 i 项污染物的评价标准, m 为参与评价的污染指数总数。采用同一类别标准对同类海域水质评价时,可用相对等级划分海域水体污染程度(表 2)^[8]。

1.3.2 水质富营养化指数

富营养化指数 E 计算公式:

$$E = \frac{\text{COD} \times \text{DIN} \times \text{DIP} \times 10^6}{4500},$$

式中:COD、DIN 和 DIP 单位均为 mg/L,若 $E \leq 3.0$,则水体呈轻度富营养化;若 $3.0 < E \leq 9.0$,则水体呈中度富营养化;若 $9.0 < E$,则水体呈重度富营养化^[9]。

表 2 水质污染程度分级标准

Table 2 Grading standard of water pollution degree

污染指数 Pollution index	污染级别 Pollution levels	分级参考依据 Grading reference basis
≤ 0.2	好 Good	多数项目未检出,个别项目检出但在标准范围内 Most items were not detected, but individual items were detected within the standard range
0.21 - 0.40	较好 Preferably	检出值在标准范围内,个别项目接近或超标 Checked out value within the standard, individual items approached or exceeded the standard
0.41 - 0.70	轻度污染 Light pollution	个别项目检出且超标 Some items were detected and exceeded the standard
0.71 - 1.00	中度污染 Moderate pollution	有两项检出值超标 Two of the detected values exceeded the limit

2 结果与分析

2.1 水质总体评价

2.1.1 水质指标变化趋势

调查的3个站位属防城港工业用海区和航道区,根据《海水水质标准》(GB 3097-1997)^[7],以第三类海水水质标准进行评价。

根据2010-2019年的监测数据,图2列出了防城港湾水质指标年际变化趋势图,从DIN浓度年均值变化情况来看(图2a),防城港西湾(Q1)、东湾(Q2)和外湾(Q3)DIN浓度近10年均第三类水质标准范围内。西湾(Q1)DIN浓度为0.081-0.346 mg/L,平均值为0.216 mg/L,呈波动变化;东湾(Q2)DIN浓度为0.065-0.177 mg/L,平均值为0.113 mg/L,DIN浓度在2010-2015年缓慢上升,2015-2019年波动下降,但总体呈上升趋势,西湾和东湾DIN浓度相差较大;外湾(Q3)DIN浓度处于较低水平,在0.050 mg/L上下变化。

图2b为DIP浓度年均值变化情况,防城港西湾(Q1)浓度为0.015-0.040 mg/L,平均值为0.025 mg/L,DIP浓度在2010-2013年期间逐渐升高,在2013-2015年期间逐步回落,2015-2019年变化相对平稳,其中,2013年、2014年DIP浓度分别为0.040和0.033 mg/L,水质类别为第四类,超出第三类海水水质标准;防城港东湾(Q2)DIP浓度呈波动上升,浓度为0.007-0.057 mg/L,平均值为0.023 mg/L,其中,2017年水质类别为劣四类,DIP浓度为0.057 mg/L,其余年份均未超第三类水质标准;防城港外湾(Q3)DIP浓度在0.010 mg/L上下波动。

图2c为COD浓度年均值变化情况,防城港西湾(Q1)、东湾(Q2)和外湾(Q3)COD浓度变化趋势相

近,呈波动下降,并且均在第一类海水水质标准范围内。

从图2可以看出,近10年防城港湾西湾和东湾DIN浓度相差较大,西湾DIN浓度虽不超标,但总体水平较高。西湾和东湾存在的主要超标因子为DIP,西湾DIP污染主要集中在2010-2019年的前半段;而东湾DIP污染主要集中在2010-2019年的后半段,DIN浓度和DIP浓度均有上升的趋势。

2.1.2 综合污染指数变化情况

如图3所示,近10年防城港湾海水综合污染指数为0.303-0.560,呈波动变化,但变化趋势相对平稳。从2010年开始,海水综合污染指数先下降后逐步上升,在2013年达到峰值0.543,然后又逐步下降至2015年的最低值,随后又继续上升到2017年峰值0.560,并且有每隔3年出现一次峰值的规律,最近一次峰值出现在2017年,近3年呈下降趋势,说明水质有所好转。对照表2可以看出,防城港湾海水水质污染级别为较好至轻度污染,属轻度污染的年份为2013年、2014年、2016年、2017年和2018年。综合污染指数峰值出现的年份与西湾、东湾DIP浓度年际变化几乎对应,说明DIP为防城港湾的主要超标污染物。其中,2016和2018年也属轻度污染而DIP浓度并未超标,说明防城港湾水质也受到较高浓度DIN的影响,故DIN也为防城港湾的主要污染物。

2.1.3 富营养化指数变化情况

从图4的分析结果来看,防城港湾海域富营养化水平在轻度富营养化至中度富营养化之间。西湾(Q1)2013年和2016年为中度富营养水平,富营养化指数分别为4.80和3.24,其中,2013年为近10年西湾富营养化最高水平,其余年份均为轻度富营养水平以下,2016-2019年富营养化水平逐步下降;东湾

(Q2)富营养化水平除 2017 年有小幅波动外,整体变化趋势平稳,近 10 年均为轻度富营养化水平;外湾(Q3)近 10 年均在轻度富营养化水平以下,水质状况较好。总的来说,防城港湾外湾海域水质优于东湾,最差是西湾。

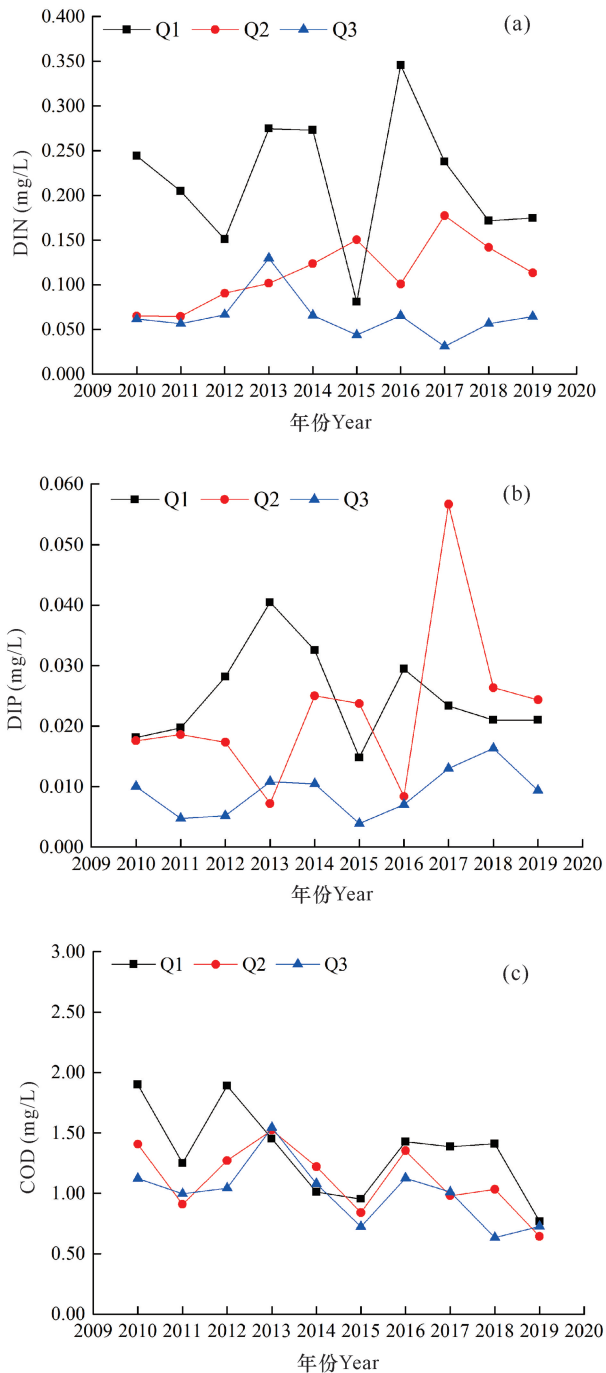


图 2 防城港湾水质指标年际变化情况(2009-2019)

Fig. 2 Annual variation of water quality indicators in Fangchenggang Bay (2009-2019)

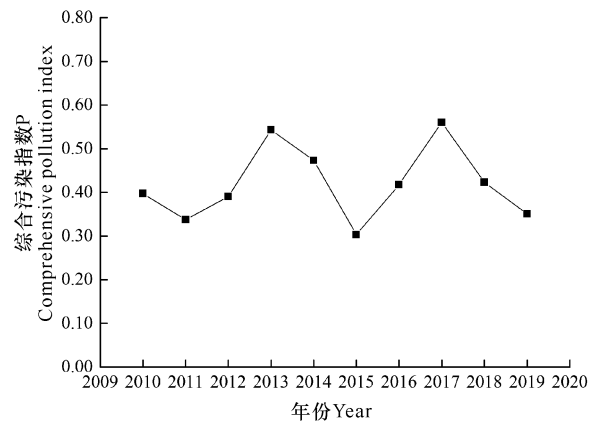


图 3 2010-2019 年防城港湾海域海水综合污染指数变化
Fig. 3 Changes of sea water comprehensive pollution index in Fangchenggang Bay from 2010 to 2019

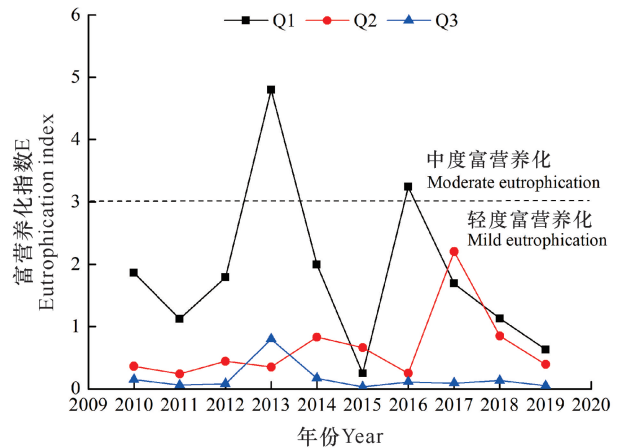


图 4 2010-2019 年防城港湾海域海水富营养化指数变化
Fig. 4 Change of eutrophication index of sea water in Fangchenggang Bay from 2010 to 2019

2.2 港湾海域营养盐的时空变化

图 5 列出了防城港湾西湾(Q1)、东湾(Q2)、外湾(Q3)DIN 浓度分别在枯水期、丰水期和平水期的年际变化。枯水期西湾和东湾的 DIN 分别为 0.074-0.597 和 0.036-0.486 mg/L,2010 年西湾 DIN 浓度比东湾高且差异较大,2010-2013 年西湾 DIN 浓度逐渐降低,东湾 DIN 浓度无明显变化,东湾和西湾 DIN 浓度差异减小;2013-2017 年西湾和东湾 DIN 浓度都有较大变化,西湾 DIN 浓度逐年升高,东湾波动上升,在 2017 年同步达到峰值后于 2018 年同步回落。2019 年西湾和东湾枯水期 DIN 浓度处于较低水平。丰水期西湾和东湾的 DIN 分别为 0.022-0.525 和 0.015-0.108 mg/L,西湾和东湾 DIN 浓度差异较大,这可能与夏季西湾上游防城江入海径流带入污染物有关。平水期西湾和东湾的 DIN 分别为 0.010-0.411 和 0.031-0.232 mg/L,3 个站位变化

趋势相似,呈波动变化,没有明显的上升和下降趋势。外湾3个水期DIN浓度均处于较低水平。

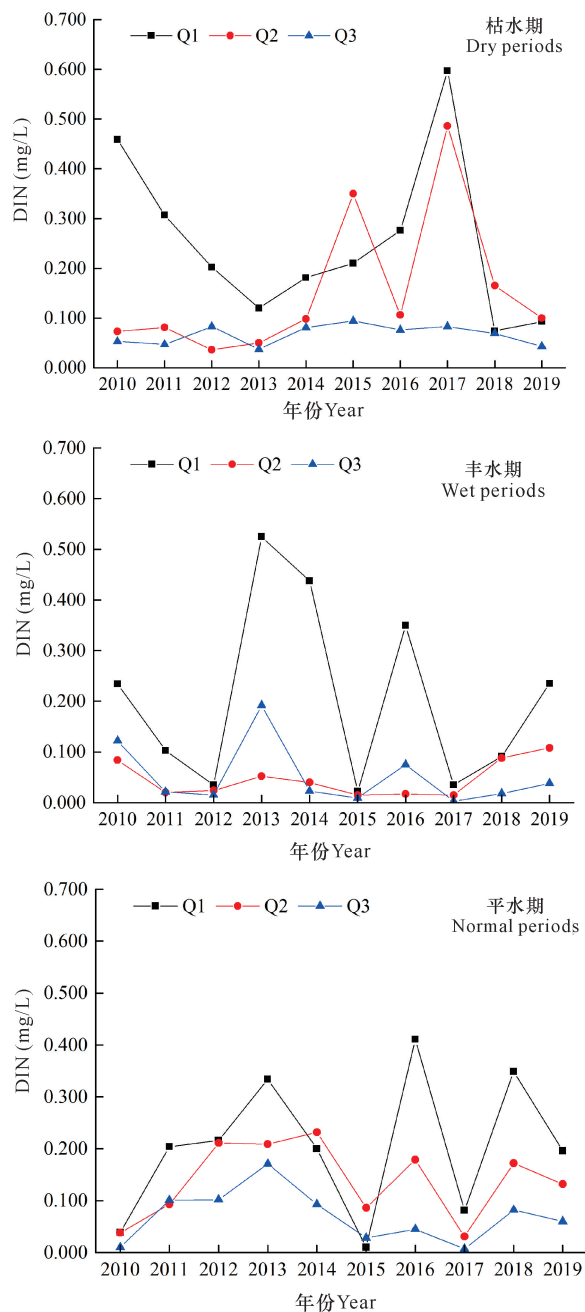


图5 防城港湾不同水期DIN浓度变化

Fig. 5 Variation of DIN concentration at different water periods in Fangchenggang Bay

如图6所示,防城港湾西湾(Q1)、东湾(Q2)、外湾(Q3)DIP浓度分别在枯水期、丰水期和平水期的年际变化,西湾(Q1)枯水期、丰水期、平水期DIP浓度分别为0.016-0.049, 0.001-0.047和0.006-0.041 mg/L;东湾(Q2)枯水期、丰水期、平水期DIP浓度分别为0.008-0.135, 0.002-0.030和0.002-0.039 mg/L,除枯水期东湾2017年DIP异

常增高外,3个调查站位近10年DIP浓度在3个水期变化趋势相似,说明防城港湾DIP浓度随季节变化不明显。外湾3个水期DIP浓度均处于较低水平。

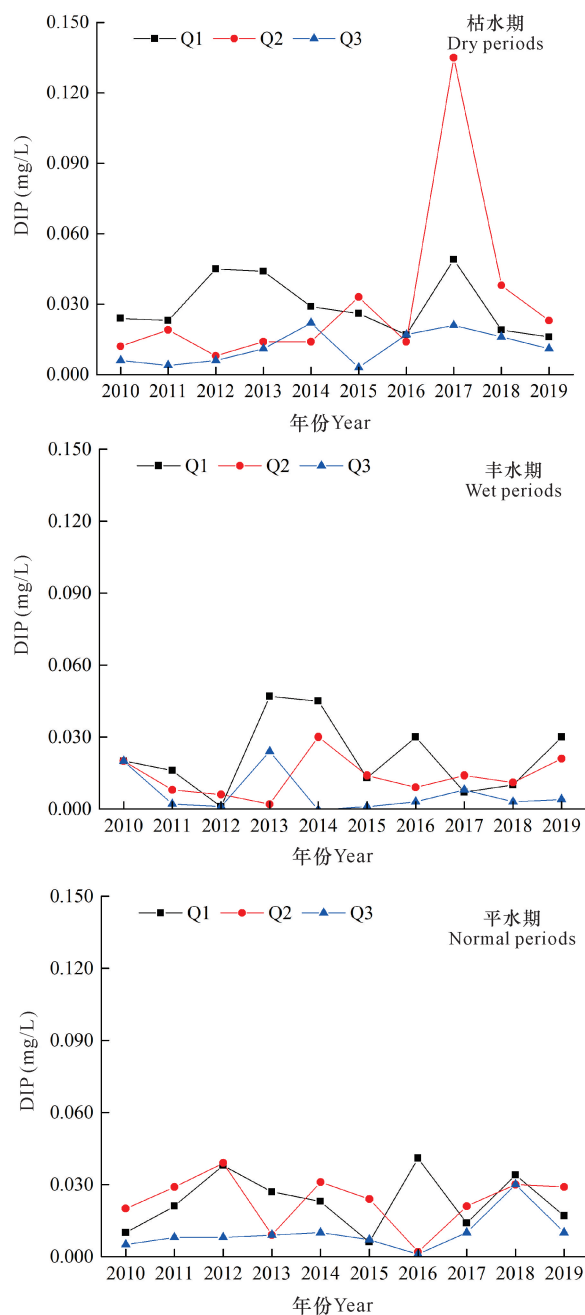


图6 防城港湾不同水期DIP浓度变化

Fig. 6 Variation of DIP concentration at different water periods in Fangchenggang Bay

以第三类海水水质标准作参考(表1),近10年防城港西湾(Q1)DIN枯水期、丰水期和平水期超标次数分别为2次、2次、1次;东湾(Q2)DIN只有枯水期2017年的1次超标。西湾(Q1)DIP枯水期、丰水期和平水期超标次数分别为3次、2次、3次;东湾

(Q2) DIP 枯水期、丰水期和平水期超标次数分别为 3 次、0 次、2 次。以上说明,近 10 年防城港西湾 DIN 浓度和 DIP 浓度超标年份较东湾多,西湾水质劣于东湾;丰水期东湾和西湾 DIN 浓度差异较大,说明西湾 DIN 浓度随季节变化明显,这与夏季西湾上游防城江入海径流带入污染物有关;DIP 浓度随季节变化不明显,说明丰水期入海径流不是东湾污染的主要来源。

2.3 水质变化影响因素分析

表 3 列出了防城港湾营养盐浓度与各参数之间的相互关系,除环境因子还列出了影响水质的几个常

表 3 防城港湾海域营养盐浓度与各因子之间的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between nutrient concentration and various factors in Fangchenggang Bay area

因子 Factor	项目 Project	DIN	DIP
环境因子 Environmental factor	温度 Temperature	-0.118	-0.002
	盐度 Salinity	-0.814 **	-0.427 *
	DO	-0.140	-0.180
	pH	-0.727 **	-0.491 **
	COD	0.431 *	0.102
	Chl-a	-0.107	-0.117
城镇化因子 Urbanization factor	GDP	0.225	0.525
	人口 Population	0.130	0.430
	工业生产总产值 Gross industrial product	0.130	0.485
工业因子 Industrial factor	直排入海工业企业排污量 Pollution discharged by industrial enterprises directly into the sea	0.360	0.052
农业因子 Agricultural factor	农作物总播种面积 Total sown area of crops	0.549	0.434

注: * 表示显著相关, ** 表示极显著相关

Note: * indicates significant difference, ** indicates very significant difference

3 讨论

本研究结果表明,防城港湾西湾和东湾主要表现为 DIP 浓度超标。值得关注的是,西湾(Q1)DIP 污染主要集中在 2010 - 2019 年的前半段,东湾(Q2)DIP 污染主要集中在 2010 - 2019 年的后半段,这与防城港湾经济发展特点有关。从何祥英^[1]调查的污染来源分析来看,防城港湾西湾有防城江注入,位于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型企业生产废水排

入防城江,而东湾东侧和北侧沿岸是防城港市主要工业区。这说明在 2010 - 2019 年的前半段,西湾水质的污染来源主要为城镇污染源和入海河流污染,随着城乡基础设施的完善,水质得到逐步改善;而东湾随着社会和工业的发展,DIP 污染指数有逐步上升的趋势,从叶朝放等^[2]的调查结果来看,东湾上游有防城港市污水处理厂排污口和磷酸厂,东湾西边在渔洲城工业区内有数家磷酸厂,处理不充分的废水排入东湾,容易引起东湾水质污染。2017 年防城港湾东湾 DIP 浓度突然增高,说明东湾水质在工业发展时期水

质总体良好,但有突发环境污染的风险。

防城港湾海域营养盐的时空分布特征表明,近10年西湾 DIN 浓度随季节变化明显,而 DIP 浓度随季节变化不明显,丰水期东湾和西湾 DIN 浓度差异显著,这可能与夏季西湾防城江入海径流大量输出有关,河流污染物入海量占陆地流入海洋的大部分,防城江平均流量为 $58.7 \text{ m}^3/\text{s}$,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,这些物质流经西湾排向外海,是西湾水质污染的主要来源^[1]。东湾丰水期近10年营养盐浓度均未超标,说明东湾受丰水期沿岸陆源排污及径流带入污染物的影响较小。

防城港市近10年经历了2010-2015年经济的快速发展时期,2015年防城港市 GDP 和工业生产总值较2010年分别增加301.18和844.37亿元,2016-2019年进入经济发展的平稳期,2019年 GDP 和工业生产总值较2016年分别增加25.11和633.03亿元。从分析结果来看,防城港湾营养盐浓度的变化与关注的几个社会因素相关性不显著,而与盐度和 pH 值显著负相关,与 COD 正相关。从蓝文陆等^[11]研究中发现,河口和近岸营养盐浓度的变化影响因素复杂,无机氮、活性磷酸盐浓度与盐度的相关性显著,且浓度高值出现在盐度最低的河口附近,表明径流输入对营养盐的分布和季节变化有重要影响。从本研究结果来看,10年的水质分析说明防城港湾水质在工业快速发展时期没有恶化,入海污染物并未随着地区生产总值的增长而相应增长,绝大多数年份水质达到第一、二类标准。期间出现水质较大波动的年份集中在2010年、2013年和2017年。查看有关资料可知^[12-14],在2010年“十一五”期间,广西以“生态广西”建设和加强“节能减排”为抓手,要求沿海三市直排入海的重点工业污染源全部完成污染治理,建成 $4 \times 10^4 \text{ t/日}$ 污水处理量的防城港市污水处理厂和防城港市垃圾处理厂并投入使用,2010年后水质有所好转;2013年防城港直排工业污染源增加5个监测直排工业企业排污口,新增加的直排工业企业污染物入海量为97.21 t,增加了位于西湾口的渔洲坪综合排放口,使得防城港湾2013年水质有所下降;2017年防城港直排入海工业企业出现了2次磷超标排放事件,因此针对水质污染超标问题开展全方位的环境污染问题整治,全面清理整治入海排污口,完成入海排污口清理整治41个;加强农村环境综合整治,已建成集中式污水处理设施94套和分散式生活污水

处理设施3668套,54个行政村配置垃圾清运系统,建成垃圾中转站2座;对违法排污的企业进行排查整治,在2017年较强的人为干预以后,近两年防城港水质由2017年的较高水平降低到水质较好的水平。

总的来说,防城港近10年水质基本保持稳定,这与该地区经济基础较为薄弱、近岸海域环境容量较大、污染减排等环境政策得到推进、污染防治和环境保护工作取得成效有关。建议在“十四五”开局之年,进一步加强城乡环境基础设施建设,规范入海排污口和工业企业的监督管理,坚持和推进陆海统筹,完善氮磷排放总量指标等,让经济和环境实现协调发展。

4 结论

(1)防城港湾海域近10年水质总体良好,海水水质污染级别为较好至轻度污染,存在的主要超标因子为活性磷酸盐。海域富营养化水平在贫营养至中度富营养之间,营养盐浓度整体呈现西湾>东湾>外湾,内湾大于外湾的分布。西湾无机氮随季节变化明显,而活性磷酸盐随季节变化不明显,丰水期东湾和西湾无机氮浓度差异显著,这可能与夏季西湾防城江入海径流输出有关。

(2)防城港湾在近10年的经济发展时期,水质变化和社会的发展没有明显的相关性,西湾活性磷酸盐污染主要集中在2010-2019年的前半段,而东湾主要集中在后半段,这与防城港湾经济发展特点有关。个别年份如2013年和2017年出现水质超标的原因与基础设施不完善以及工业企业污染物超标排放有关,在人为监督管控下,防城港湾水质得到较好改善。

参考文献

- [1] 何祥英. 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[J]. 广西科学院学报, 2012, 28(4): 293-297.
- [2] 叶朝放, 梁丽君. 防城港东西湾浮游植物的多样性分布和水质评价[J]. 大众科技, 2014, 16(8): 62-65.
- [3] 戴培建. 防城港及其附近海域水体营养化状况分析与有机污染评价[J]. 广西科学院学报, 1996, 12(3): 72-76.
- [4] 刘俐, 赖廷和, 罗万次, 等. 2016年西湾海域污染源调查与评价[J]. 南方国土资源, 2018(7): 44-47.
- [5] 刘俐, 罗万次, 许廷波, 等. 防城港西湾海域水质状况调查和评价[J]. 化学工程与装备, 2018(8): 363-365, 341.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 海洋监测规范 第4部分 海水分析: GB 17378.4-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [7] 国家环境保护局, 国家海洋局. 海水水质标准: GB

- 3097-1997 [S]. 北京:中国标准出版社,1998.
- [8] 崔彩霞,花卫华,袁广旺,等. 灌河口海域水质现状与评价[J]. 中国资源综合利用,2013,31(12):41-44.
- [9] 生态环境部. 近岸海域环境监测技术规范:HJ 442. 10-2020 [S]. 北京:中国标准出版社,2020.
- [10] 廖雅君,徐鹏,赵晨旭,等. 西江中游 1973-2013 年水质变化趋势及影响因素分析[J]. 环境科学与技术,2017,40(5):145-152.
- [11] 蓝文陆,李天深,韩丽君,等. 广西铁山港附近海域营养盐分布及其季节变化[J]. 海洋科学,2014,38(7):63-69.
- [12] 广西统计局. 广西统计年鉴(2017)[M]. 北京:中国统计出版社,2018.
- [13] 广西统计局. 广西统计年鉴(2018)[M]. 北京:中国统计出版社,2019.
- [14] 广西统计局. 广西统计年鉴(2019)[M]. 北京:中国统计出版社,2020.

Analysis of Seawater Quality Variation and Influencing Factors in Fangchenggang Bay for the Past Ten Years

PANG Minqian

(Marine Environment Monitoring Center of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Beihai, Guangxi, 536000, China)

Abstract: The seawater quality data of coastal waters in Fangchenggang Bay (East Bay, West Bay and Outer Bay) from 2010 to 2019 were selected to analyze the changes of the seawater environment and the influencing factors. The research parameters include chemical oxygen demand (COD), active phosphate (DIP), ammonia nitrogen (NH_4^+ -N), nitrite nitrogen (NO_2^- -N) and nitrate nitrogen (NO_3^- -N). The comprehensive pollution index method and the eutrophication index method were used to evaluate the water quality changes in the coastal waters of Fangchenggang Bay. Pearson correlation analysis was used to analyze the relationship between nutrients and each influencing factor. The results showed that the water quality of Fangchenggang Bay was generally good in the process of industrial development in the past 10 years. The pollution level of seawater quality ranged from good to light, and the main exceeding factor was active phosphate. The eutrophication level in the sea area was between mild eutrophication and moderate eutrophication. The concentration of nutrient salt was in the order of West Bay > East Bay > Outer Bay, and the distribution of Inner Bay was greater than that of Outer Bay. The inorganic nitrogen in the West Bay changed significantly with seasons, but the active phosphate did not change significantly with seasons. The concentration of inorganic nitrogen in the West Bay and the East Bay was significantly different during the wet season, which might be related to the large output of the coastal runoff of Fangcheng River in the West Bay in summer. In individual years, such as 2013 and 2017, the reasons for the excessive water quality were related to inadequate infrastructure in the area and the excessive discharge of pollutants from industrial enterprises.

Key words: harbor, water quality change, influence factor, Guangxi, Fangchenggang Bay

责任编辑:陆雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxkxyxb/ch>