

网络优先数字出版时间: 2016-01-28

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20160128.1511.008.html>

防城港近岸表层水化学需氧量的周年变化特征^{*}

Annual Variation Characteristics of COD in the Coastal Surface Waters of Fangchenggang

庄军莲, 王一兵, 姜发军, 张荣灿, 雷 富, 覃仙玲

ZHUANG Junlian, WANG Yibing, JIANG Fajun, ZHANG Rongcan, LEI Fu, QIN Xianling

(广西科学院 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西南宁 530007)

(Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:【目的】分析防城港近岸海域表层水化学需氧量(COD)的平面分布及周年变化特征,并探讨海域表层水COD分布与不同环境要素的相关性。【方法】根据2010年6月至2011年3月在防城港近岸海域4个航次12个站位的生态环境调查数据,采用标准指数法、相关性系统法对该海域表层水的COD时空分布及其环境影响因子进行分析讨论。【结果】COD超标的站位位于西湾顶部的防城江入海口附近海域,其余站位COD标准指数均 <1 ,处于一类海水水质范围。调查海域各季节COD浓度与水温之间的相关系数均为正值,其中春季最高为0.575;各季节COD浓度与盐度呈显著负相关,其相关系数均高于0.860($P < 0.01$);在春、冬两季COD与叶绿素a之间的相关指数较高,分别为0.910($P < 0.01$)及0.957($P < 0.01$),呈显著正相关,夏、秋两季COD与叶绿素a的相关系数较低,分别为0.606和0.592;COD与悬浮物含量呈正相关,冬季较小,相关系数为0.478,其次为秋季0.694,春、夏季节的相关系数均在0.800以上。【结论】调查期间,防城港海域各季节表层海水COD的平面分布特征基本一致,均体现为近岸高、外海低,由沿岸向离岸方向呈逐渐降低的趋势。其COD主要来源于陆源输入,尤其是河流输入,同时还会受浮游植物等的影响。

关键词: 化学需氧量 分布 环境因子 防城港

中图分类号: P734.5 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2016)01-0062-06

Abstract:【Objective】Distribution and seasonal variation of chemical oxygen demand (COD) in the coastal surface waters of Fangchenggang were analyzed, and the correlation between the environmental factors and the distribution of COD was discussed.【Methods】Based on the field data from four cruises and 12 stations of oceanographic survey carried out in the coastal waters of Fangchenggang from the June 2010 to March 2011, the sea surface water spatial and temporal distribution of COD and its influence factors are discussed by using standard index method and correlation method.【Results】The result indicated that COD standard

index > 1 occurred in the top of the West Bay, the Fangcheng river estuaries. The COD concentrations of other stations met the first-rate National Seawater Quality Standard. There was a positive correlation between the COD concentrations and temperature in each season and the larger correlation coefficient was 0.575 in spring. COD concentration was in significant

收稿日期: 2015-10-29

作者简介: 庄军莲(1972—),女,副研究员,主要从事海洋环境与生态研究。

^{*} 广西北部湾经济区海陆交错带环境与生态演变过程及适应性调控项目(2012GXNSFEA053001)和广西近海海洋环境科学重点实验室开放基金项目(GXKLHY14-02, GXKLHY14-05)资助。

negative correlation to salinity ($r < 0.860, P < 0.01$). Additionally, COD concentration was significantly correlated with chlorophyll *a* in spring ($r = 0.910, P < 0.01$) and winter ($r = 0.957, P < 0.01$). In contrast, the correlation coefficient is relatively low in summer (0.606) and the autumn (0.592). The correlation coefficient between the concentration of COD and suspended solids was above 0.800 in spring and summer, 0.694 in autumn, and 0.478 in winter. **【Conclusion】**Horizontal distribution of COD showed similar patterns in different seasons in Fangchenggang. Areas with high value of COD concentration were found offshore while COD concentration in open sea was relatively low. COD concentrations decreased gradually from offshore to open sea. Results showed the COD concentration in the coastal waters of Fangchenggang was mainly correlated with terrestrial input, especially the river runoff. In addition, the COD concentration was also affected by phytoplankton.

Key words: chemical oxygen demand, distribution, environmental factors, Fangchenggang

0 引言

【研究意义】化学需氧量(COD)是国家污染物总量控制指标之一,它既反映了水体受到有机物污染的程度,同时也是江河入海污染物中的一种主要污染成分控制指标。COD指标是采用化学方法对水样中有机物进行强氧化剂氧化时,以所消耗的氧化剂的量来进行表征,当消耗的氧化剂量大时,表明水体中有机物含量高,反之则低。广西防城港位于广西沿海西南部,中国大陆海岸线最西端,南濒北部湾,地处大西南经济圈、泛珠三角经济圈和中国-东盟自由贸易区的中心结合部,面向东南亚,背靠大西南,东邻粤港澳,西与越南山水相连。全市有海岸线 537.79 km,占广西海岸线长度的 33.02%,其中侵蚀岸线长 133.53 km,占所辖岸线的 25.52%,边境线 230 km,有 4 个国家一类口岸,1 个国家二类口岸,交通便捷,是国内尤其是西南、中南、华南地区便捷的出海出边通道。调查研究防城港海域的 COD 周年分布特征及其与海域环境因子的相互关系,有利于掌握该海域有机污染物的周年分布规律,尤其在日益推进的开放开发大形势下,对于区域的海洋环境保护具有重要意义。**【前人研究进展】**近年来,对于防城港海域环境质量开展过一些有益的研究^[1-5],但是对 COD 的分布规律公开报道不多。**【本研究切入点】**在目前区域逐渐开放开发的大环境和形势下^[6-7],有必要深入系统地研究防城港海域 COD 的分布特征及其与相关环境因子的相互关系。**【拟解决的关键问题】**根据广西防城港海域 4 个有代表性的季节月(2010 年 6 月至 2011 年 3 月)的生态环境调查数据,对该海域的表层水 COD 的平面分布特征及周年变化特征进行较系统地分析,并探讨

相应的环境要素对海区 COD 分布的影响,对掌握该海域的水质变化情况,加强该海域的环境保护,促进海区水质监控的管理具有较重要的现实意义。

1 调查海域与方法

1.1 调查时间与海域

选择有代表性的季节月,2010 年 6 月(夏)、2010 年 9 月(秋)、2010 年 12 月(冬)及 2011 年 3 月(春),分别在防城港海域(21.37°~21.68°N, 108.98°~109.65°E)开展 4 个航次的现场调查,调查海域及站位如图 1 所示。

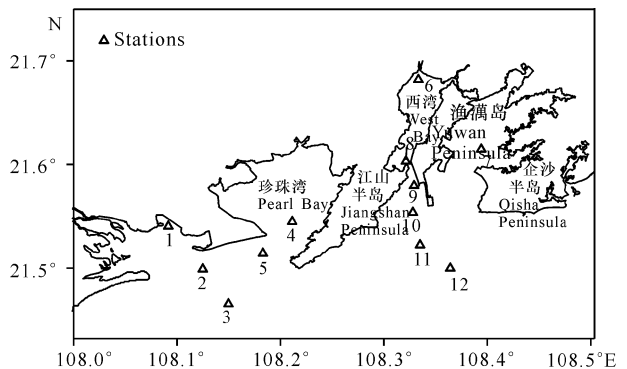


图 1 调查站位分布

Fig. 1 Location of survey stations

1.2 样品的采集、处理及分析

现场调查中采用 2.5 dm³ 的有机玻璃采水器采集海域的表层海水。所有海水样品的采集、保存、前处理及室内分析均按照文献[8]的规定处理。调查结果采用常用的标准指数法对海域的 COD 进行评价,依据一类海水水质标准,即 COD 值为 2 mg/L 进行分析计算^[9],当标准指数值大于 1 时视为超一类海水标准。为了分析调查海域表层水 COD 的主要来源及影响因素,分别对 COD 与相关的环境因

子(水温、盐度、悬浮物和叶绿素 a)作相关性分析。

2 结果与分析

2.1 表层水 COD 的周年分布特征

调查结果显示,防城港近岸海域表层水 COD 含量的周年变化幅度为 0.33~3.75 mg/L,各季节 COD 平均值相差较大,其中秋季 COD 均值最小,为 0.71 mg/L,夏季最大,为 1.47 mg/L(表 1)。从图 2 可见,COD 高值区出现在防城港西湾湾顶,也就是防城江入海口附近。

2.1.1 表层水 COD 浓度的季节变化

从图 3 可以看出,各季节调查海区表层水 COD 的平面分布基本表现出由沿岸向离岸方向呈逐渐降低的趋势。春季防城港海域表层水 COD 调查平均值为 0.80 mg/L,变化范围为 0.53~1.82 mg/L,所有站点 COD 值均达到国家一类海水水质标准。其中位于西湾顶部的 6 号站调查值最高,最低值则出现在湾口海域附近的 10 号站。

表 1 防城港近岸海域表层水 COD 浓度的季节变化(mg/L)

Table 1 Seasonal variations of COD in the coastal surface waters of Fangchenggang(mg/L)

春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
变化范围 Range	平均值 Average	变化范围 Range	平均值 Average	变化范围 Range	平均值 Average	变化范围 Range	平均值 Average
0.53~1.82	0.80	1.01~2.82	1.47	0.33~1.49	0.71	0.81~3.75	1.19

夏季调查海区表层水 COD 与春季相比,平均含量出现了较大幅度的升高,平均值为 1.47 mg/L,变化范围为 1.01~2.82 mg/L,但超标站点不多,除西湾顶部的 6 号站外,其余站位的 COD 值仍满足

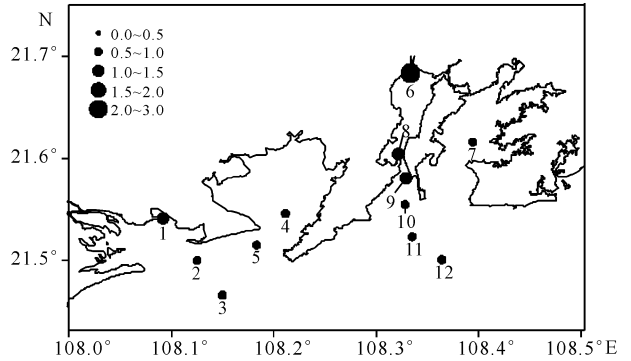


图 2 防城港近岸海域 COD 年均值平面分布(mg/L)

Fig. 2 Horizontal distributions of the annual average COD in the coastal waters of Fangchenggang(mg/L)

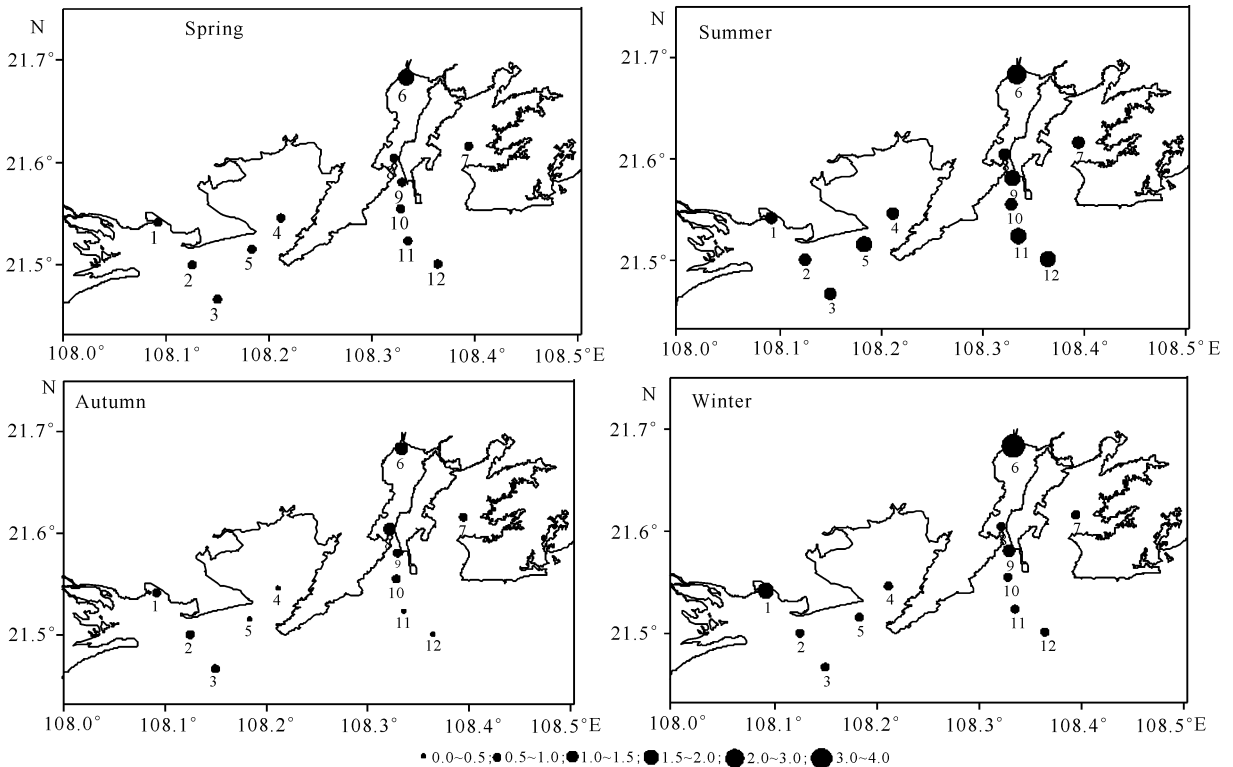


图 3 防城港 4 个季度近岸海域表层水 COD 平面分布(mg/L)

Fig. 3 Horizontal distributions of COD in the coastal surface waters of Fangchenggang in the four seasons(mg/L)

国家一类海水水质标准的要求,最低值出现在外湾附近海域的10号站。从图3可以看到,可能受到西湾海水的影响,从西湾出口至外湾的水道这一区域,其COD值均表现了较高值。

秋季调查海区的表层水COD跟夏季相比,含量明显降低,平均值为1.01 mg/L,变化范围为0.33~1.49 mg/L。其中最高值出现在西湾顶部的6号站,最低值出现在远岸点12号站。

冬季调查海区表层水COD跟秋季相比,出现升高现象,平均含量为1.19 mg/L,变化范围为0.81~3.75 mg/L。其中位于西湾顶部的6号站出现年度调查中的最高值,超出二类海水标准,为三类海水,最低值则在珍珠湾口附近海域5号站。

2.1.2 不同分区的表层水COD浓度的季节变化

防城港海域调查共布设12个站位,基本覆盖了防城港海域从东到西的整个范围,其中1,2,4,5号站位主要布设于珍珠湾到北仑河口一带海域(以下简称西区),6,7,8,9号站位布设于防城港东西湾一带海域(以下简称东区),3,10,11,12号站位主要布设于防城港湾外湾一带海域(以下简称外湾),依此分别统计各区域的表层水COD值(图4)。

由图4可以看出,防城港东区各季节的COD值均为各分区中最高,外湾海域各季节的COD值除夏季稍高于西区外,其余季节均为最低,西区的COD值除夏季为最低外,其余季节均处于东区和外湾的中间值。因东区海域周边是防城港市人口较为集中的区域,西区为从珍珠湾到北仑河口一带海域,周边人居较少,而外湾则基本远离陆域,调查结果充分说明陆源输入是造成COD值升高的重要因素。

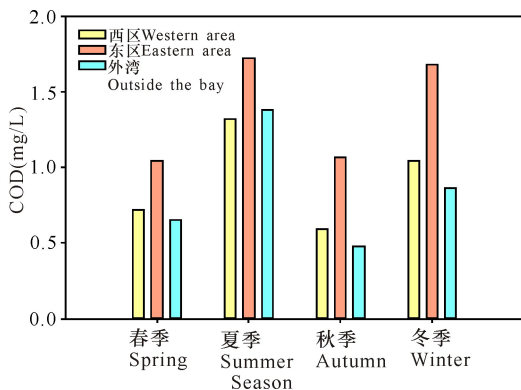


图4 防城港近岸海域各分区表层水COD浓度的季节变化

Fig. 4 Seasonal variations of surface water COD in the coastal sea area zone of Fangchenggang

2.2 表层水COD的质量评价

从图5可以看出,在调查期间,防城港海域的

COD标准指数处于0.17~1.88,平均值为0.54。其中,春季COD的标准指数处于0.27~0.91,平均值为0.40;夏季COD标准指数较高,在0.51~1.41,平均值为0.74;秋季的COD标准指数处于0.17~0.75,平均值为0.30;冬季的COD标准指数处于0.41~1.88,平均值为0.60。调查海域各个季节的COD最大值均出现在防城港西湾顶6号站,该站位位于防城江入海口邻近海域,其中夏季COD值为二类海水,冬季COD值为三类海水,其余站位COD指数均<1,处于一类海水水质范围。6号站邻近防城江,是广西沿海6大入海河流之一,起源于十万大山,河长90 km,流域面积750 km²,年平均入海水量为17.7×10⁸ m³,年输沙量14×10⁴ t(文献[10]),根据《广西环境质量公报》(2007-2010)可知,防城江排放入海的化学需氧量分别为4580 t、10704 t、18626 t、91677 t,可见随着时间的推移,由防城江入海的COD呈大幅上升趋势,同时也说明了西湾顶部的站位COD值比较高的原因。因此,防城江的径流对防城港海域尤其是防城港西湾的环境具有较重大的影响。

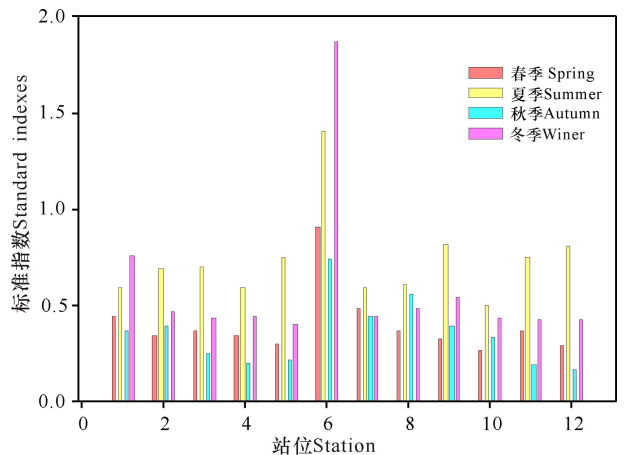


图5 防城港近岸海域4个季节表层水COD标准指数

Fig. 5 Standard indexes of COD in the coastal surface waters of Fangchenggang

2.3 与相关环境因子的相关性分析

2.3.1 与水温的关系

根据表2可以看出,调查海域各个季节COD的含量与水温之间的相关系数均为正值,表现出正相关关系,这说明适宜的水温对水体中耗氧物质的产生有利,尤其是春季,COD值出现显著升高。

2.3.2 与盐度的关系

根据表2可以看出,调查海区4个季节的COD含量与盐度的相关系数均高于0.86($P < 0.01$),说

明海域的 COD 含量与盐度具有显著的负相关性。其中 COD 与盐度的相关系数表现为冬季最高,春、夏季节高于秋季。一般来说,在枯水季节,由于入海河流的径流量减少,相应其陆源输入的 COD 量也会减少,结合调查海域的 COD 主要来源于陆源和径流输入的影响,因此,防城港海域枯水的秋、冬季节,海域的 COD 值与盐度应显示出较小的相关性,防城港调查海域秋季的 COD 值较符合这个规律,但冬季 COD 值与盐度负相关性却在 4 个季度中最高,这可能是由于冬季处于枯水季,陆源污染中 COD 质量浓度受稀释的程度较丰水期低^[11],所以冬季呈现盐度越低的海区 COD 值越高。

表 2 COD 与相关环境因子的相关性

Table 2 Correlation analysis between COD and environmental factors

时间 Date	水温 Temperature	盐度 Salinity	叶绿素 a Chlorophyll a	悬浮物 Suspension
2011-03	0.575*	-0.872**	0.910**	0.897**
2010-06	0.138	-0.879**	0.606*	0.849**
2010-09	0.161	-0.865**	0.592*	0.694*
2010-12	0.153	-0.949**	0.957**	0.478

Note: ** correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed),

* correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed)

2.3.3 与叶绿素 a 的关系

根据表 2 可以看出,在春、冬两季 COD 与叶绿素 a 之间的相关指数较高,分别为 0.910 ($P < 0.01$)及 0.957 ($P < 0.01$),说明 COD 与叶绿素 a 在春、冬两季呈显著的正相关关系,而夏、秋两季 COD 与叶绿素 a 的相关系数则相对较低,分别为 0.606 ($P < 0.05$)及 0.592 ($P < 0.05$)。叶绿素 a 也是影响 COD 含量变化的主要因子之一^[12]。一般来说,海区中的浮游植物,在表层海水中光照、温度等条件比较适宜的情况下,会出现生长较快和数量增加的情形,相应的也会使海水中的叶绿素 a 含量升高,从而造成海水中有有机物质增多,化学耗氧量增大^[13]。调查海域在春、冬两季调查时,各调查站位的水温均在 17~24℃,适合海域绝大多数浮游植物生长,而在夏、秋两季调查时,调查站位水温基本在 30℃以上,相比之下,调查海域春、冬季节浮游植物生长较夏、秋季节要好,而体现出海域的 COD 值也随之上升。

2.3.4 与悬浮物的关系

根据表 2 可以看出, COD 与悬浮物含量呈正相关性,冬季较小,相关系数为 0.478,其次为秋季 0.694 ($P < 0.05$),春、夏季节的相关系数均在 0.8 以上,说明春、夏季节 COD 与悬浮物的含量呈现显

著的正相关性。防城港海域的春、夏季为丰水期,秋、冬季为枯水期,春、夏季节由于降雨冲刷带入的大量悬浮物,作为陆源污染物的载体,它携带的有机质本身就会促使海域 COD 值升高。此外,虽然漂浮于水面的悬浮物会使海水透明度下降,影响浮游植物的生长,但另一方面悬浮物中携带的有机质,同时也给海域的浮游植物提供了丰富的营养来源^[14-15],在春、夏季适合的水温等环境条件下,悬浮物带来的有机质整体会对海区内浮游植物的生长繁殖起到促进作用,因此春、夏季海域的悬浮物含量的增加会使得 COD 浓度相应出现增高现象。

3 结论

(1)2010 年 6 月(夏季),2010 年 9 月(秋季),2010 年 12 月(冬季)和 2011 年 3 月(春季)这 4 个具有代表性的季节月中,防城港海域表层水 COD 含量周年分布特征体现出沿岸高,近海低,从近岸逐渐向离岸方向减少的趋势。

(2)在调查过程中,防城港海域 COD 值除 6 号站位于防城港西湾顶部,也就是防城江入海口附近海域外,其余站位均为一类海水水质,说明防城江径流对海域环境有显著的影响。

(3)防城港调查海域的表层水 COD 平面分布主要受到陆源输入,尤其是湾顶河流输入的影响,同时还受到耗氧生物、浮游植物及水体中悬浮物的影响。

参考文献:

- [1] 戴建培.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.
DAI P J. Analysis of nutrient status and assessment of organic pollution in Fangchenggang and the adjacent waters[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 1996,12(3):72-76.
- [2] 姜发军,赖俊翔,庄军莲,等.2010 年秋季北部湾广西沿岸表层浮游植物分布特征[J].海洋环境科学,2013,32(3):414-418,423.
JIANG F J, LAI J X, ZHUANG J L, et al. Phytoplankton distribution characteristics of Guangxi Beibu Gulf coast in the autumn of 2010[J]. Marine Environmental Science, 2013,32(3):414-418,423.
- [3] 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.
WEI M X, LAI T H, HE B M. A Study on the tendency of water quality and nutrient condition in Fangcheng

- Bay [J]. *Marine Science Bulletin*, 2003, 22(1): 44-49.
- [4] 庄军莲, 许铭本, 张荣灿, 等. 广西防城港湾浮游植物数量周年变化特征[J]. *广西科学*, 2010, 17(4): 387-390, 395.
- ZHUANG J L, XU M B, ZHANG R C, et al. Anniversary variation of phytoplankton abundance in Fangchenggang Bay of Guangxi [J]. *Guangxi Sciences* 2010, 17(4): 387-390, 395.
- [5] 庄军莲, 许铭本, 张荣灿, 等. 广西防城港湾周年浮游植物生态特征[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(5): 1309-1315.
- ZHUANG J L, XU M B, ZHANG R C, et al. Annual change of phytoplankton ecological features in Fangchenggang Bay of Guangxi [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(5): 1309-1315.
- [6] 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*, 2013, 28(4): 293-297.
- HE X Y. Changes of seawater environmental parameter and assessment of water quality in Beibu Gulf Fangchenggang Inshore [J]. *Journal of Guangxi Academy of Sciences*, 2013, 28(4): 293-297.
- [7] 赖俊翔, 陈宪云, 柯珂, 等. 广西防城港市近岸海域营养盐分布及富营养化研究[J]. *海洋技术*, 2013, 32(3): 63-69.
- LAI J X, CHEN X Y, KE K, et al. Study on nutrients distribution and eutrophication in the coastal waters of Fangchenggang, Guangxi [J]. *Ocean Technology*, 2013, 32(3): 63-69.
- [8] 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: GB17837. 4 — 2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- The Specification for Marine Monitoring, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Specifications for Oceanographic Survey: GB17837. 4 — 2007 [S]. Beijing: China Standards Press, 2007.
- [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: GB3097 — 1997 [S]. 北京: 环境科学出版社, 2004.
- China Environmental Protection Administration. The People's Republic of China Sea Water Standard: GB3097 — 1997 [S]. Beijing: Environmental Science Press, 2004.
- [10] 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查领导小组. 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查报告第一卷: 综合报告[R]. 广西: 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查领导小组, 1986.
- Leader Group of the Multipurpose Investigation of the Coastal Zone and Tidal Wetland Resources in Guangxi. Investigation Report of the Coastal Zone and Tidal Wetland Resources in Guangxi, the First Volume: Comprehensive Report [R]. Guangxi: Leader Group of the Multipurpose Investigation of the Coastal Zone and Tidal Wetland Resources in Guangxi, 1986.
- [11] 魏鹏, 黄良民, 冯佳和, 等. 珠江口广州海域 COD 与 DO 的分布特征及影响因素[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(5): 1631-1637.
- WEI P, HUANG L M, FENG J H, et al. Distribution characteristics of COD and DO and its influencing factors in the Guangzhou sea zone of the Pearl River Estuary [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(5): 1631-1637.
- [12] 黄良民, 钱宏林, 李锦蓉. 大鹏湾赤潮多发区的叶绿素 a 分布与环境关系初探[J]. *海洋与湖沼*, 1994, 25(2): 197-205.
- HUANG L M, QIAN H L, LI J R. Preliminary studies on the relationships between chlorophyll a and environmental factors in Dapeng Bay [J]. *Oceanologica et Limnologia Sinica*, 1994, 25(2): 197-205.
- [13] 方倩, 张传松, 王修林. 东海赤潮高发区 COD 的平面分布特征及其影响因素[J]. *中国海洋大学学报*, 2010, 40: 173-178.
- FANG Q, ZHANG C S, WANG X L. Spatial distribution and influential factors for COD in the high frequency red tide area of the East China Sea [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2010, 40: 173-178.
- [14] 何本茂, 童万平, 韦蔓新. 北海湾悬浮颗粒物的分布及其与环境因子间的关系[J]. *广西科学*, 2005, 12(4): 323-326.
- HE B M, TONG W P, WEI M X. The migration and distribution of suspended particles in Beihai Bay and its relationship to environmental factors [J]. *Guangxi Sciences*, 2005, 12(4): 323-326.
- [15] 杨斌, 钟秋平, 鲁栋梁, 等. 钦州湾海域 COD 时空分布及对富营养化贡献分析[J]. *海洋科学*, 2014, 38(3): 20-25.
- YANG B, ZHONG Q P, LU D L, et al. Temporal and spatial distributions of COD and its contribution to the eutrophication in the Qinzhou Bay [J]. *Marine Sciences*, 2014, 38(3): 20-25.