

北海近岸海域化学需氧量分布特征及其影响因素研究*

Distribution Characteristics and the Influencing Factors of COD in the Coastal Waters of Beihai

庄军莲, 王一兵, 赖俊翔, 柯珂, 董德信, 陈宪云

ZHUANG Jun-lian, WANG Yi-bing, LAI Jun-xiang, KE Ke, DONG De-xin, CHEN Xian-yun

(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】系统分析北海近岸海域化学需氧量(COD)的平面分布特征及季节变化,探讨不同环境要素对COD分布的影响。【方法】根据2010年6月~2011年3月期间在北海近岸海域4个航次20个站位的生态环境调查数据,采用标准指数法、相关性系统法等对该海域的COD时空分布及其环境影响因子进行分析讨论。【结果】COD高值区及超标的站位主要位于河口附近海域,其余大部分海域COD标准指数均 <1 ,处于一类海水水质范围。除夏季外,调查海域各个季节COD浓度与温度之间的相关系数均为正值,且大于0.45;各季节COD浓度与盐度之间的相关系数普遍高于0.5,两者之间呈较好的负相关关系;春、夏及秋季COD与叶绿素之间的相关指数均较高;COD与悬浮物含量呈正相关性,除夏季较小相关系数为0.596外,其余季节的相关系数均在0.7以上。【结论】各季节调查海域表层海水COD的平面分布特征基本一致,主要表现为近岸高、外海低,由沿岸向离岸方向呈逐渐降低的趋势。COD主要来源于陆源输入,尤其是河流输入。

关键词: 化学需氧量 分布 季节变化 影响因素

中图分类号: P734.5 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2014)03-0165-05

Abstract:【Objective】Distribution and seasonal variation of chemical oxygen demand (COD) were investigated, and the effects of environmental factors on the distribution of COD was discussed.【Methods】Based on the field data from four cruises of oceanographic survey carried out in the coastal waters of Beihai in June, September, December and March of 2010~2011, standard index method and correlation analysis method were conducted for the study area.【Results】The result indicated that the high concentrations of COD with COD standard index >1 occurred in coastal waters, especially in river estuaries. The concentrations of COD in most of stations were classified as the first-rate National Seawater Quality Standard. Except in summer, the COD concentrations and temperature showed a positive correlation in other season and the correlation coefficient was larger than 0.45. COD concentrations were in significant negative correlation to salinity ($r < -0.5, P < 0.05$). Additionally, COD concentrations were significantly correlated with chlorophyll *a* in spring, summer and autumn. The correlation coefficient between the concentrations of COD and suspended solids was 0.596 in summer and over 0.7 in other seasons, which indicated a strong correlations between the COD and suspended solids.【Conclusion】Horizontal distribution of COD showed similar patterns in different seasons. High COD areas were found

收稿日期: 2014-04-10

修回日期: 2014-05-10

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。

* 广西北部湾重大专项(2012GXNSFEA053001, 2011GXNSFE018002),广西科技攻关项目(桂科攻 1355007-13)资助。

offshore while COD concentrations in open sea were relatively low. COD concentrations decreased gradually from offshore to open sea. Furthermore, the COD concentrations in the coastal waters of Beihai mainly correlated with terrestrial input, especially the river runoff.

Key words: chemical oxygen demand, distribution, seasonal variation, influencing factors

【研究意义】化学需氧量(COD)是指在一定条件下采用强氧化剂处理水样时,所消耗的氧化剂量,是反映水体受有机物污染程度的重要指标,也是江河入海污染物中的主要污染物。广西北海市南濒北部湾,东与雷州半岛相邻,南与海南岛隔海相望,西与钦州市相接,岸线总长 528.16km,占广西海岸线长度的 32.43%。调查研究该海域 COD 分布特征及其影响因素,对于了解掌握该海域有机污染物的分布规律,加强区域海洋环境保护具有重要意义。**【前人研究进展】**韦蔓新等^[1]1998~1999 年对北海湾的 COD 进行过研究报道(调查站位均位于北海海域的廉州湾内)。**【本研究切入点】**目前广西沿海开放开发迅速推进^[2,3],大形势下,人们对北海海域 COD 分布规律的了解却十分有限,缺乏系统研究,对于北海海域 COD 的分布规律报道不多。**【拟解决的关键问题】**根据 2010 年 6 月至 2011 年 3 月对广西北海海域 4 个航次的生态环境调查数据,系统分析该海域的化学需氧量(COD)的平面分布特征及季节变化,并初步探讨了不同环境要素对 COD 分布的影响,该研究对于了解该海域的水质变化,加强海域的环境保护及海水水质监控管理,防止海域富营养化具有重要的现实意义。

1 调查海域与方法

1.1 调查时间与海域

2010 年的 6 月、9 月、12 月及 2011 年 3 月在北海海域(21.37°~21.68°N, 108.98°~109.65°E)进行了 4 个航次的现场调查,调查海域及站位如图 1 所示。

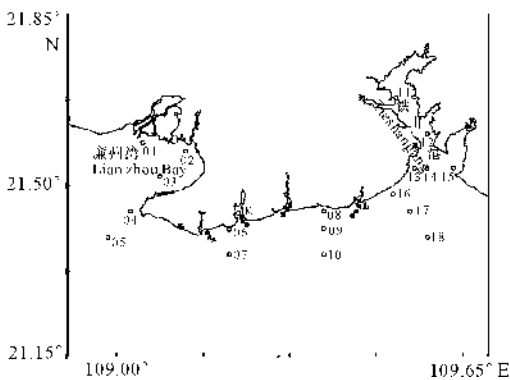


图 1 调查站位分布

Fig. 1 Location of survey stations

1.2 样品的处理

现场采用 2.5dm³的有机玻璃采水器采集海水。所有海水样品的采集、保存、前处理及室内分析均按照文献[4]中的规定执行。

2 结果与分析

2.1 COD 含量的分布特征

调查期间,北海近岸海域 COD 含量变化幅度为 0.18~2.75mg/L,各季节 COD 平均值相差不大,其中冬季最小为 0.99mg/L,春季最大为 1.10mg/L(表 1)。由北海近岸海域 COD 年均值平面分布图可见,COD 高值区出现在湾内(铁山港湾、廉州湾)、西村至白龙一带、营盘港附近(图 2),各季节 COD 平面分布分别见图 3~6。

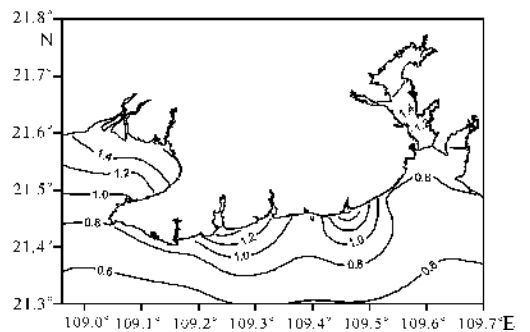


图 2 北海近岸海域 COD 年均值平面分布

Fig. 2 Horizontal distributions of the annual average COD value in the coastal waters of Beihai

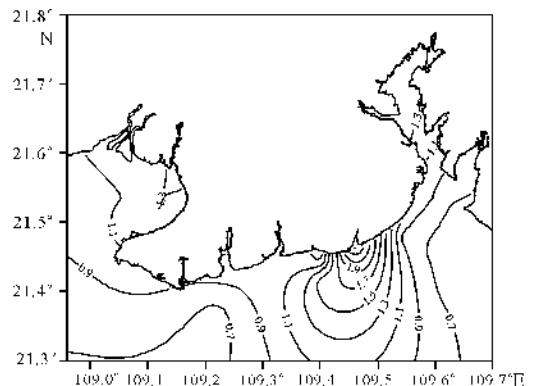


图 3 春季(2011 年 3 月)北海近岸海域 COD 平面分布

Fig. 3 Horizontal distributions of COD in the coastal waters of Beihai in spring

2.1.1 春季

由图 2 可以看出,COD 平面分布特征主要表现为近岸高、外海低,由沿岸向离岸方向呈逐渐降低的

表 1 北海近岸海域 COD 浓度的季节变化(mg/L)

Table 1 Seasonal variations of COD in the coastal waters of Beihai(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
0.61~2.75	1.10	0.58~2.42	1.05	0.18~2.69	1.01	0.62~2.00	0.99

趋势。春季北海海域 COD 调查平均值为 1.10 mg/L,变化范围为 0.61~2.75mg/L(表 1),除 1 个站位(L 站)外其余站位 COD 值均为一类海水。从图 3 可以看出,在北海海域内,廉州湾、铁山港及营盘附近有高值区,其中最高值出现在营盘东北角的 L 站,峰值区超一类海水,向东、西及南向逐渐扩散,逐渐降低至 1.0mg/L 以下,呈现一 COD 高值水舌,最低值出现在西村口处外湾的 07 号站。

2.1.2 夏季

由图 3 可以看出,夏季 COD 平面分布特征与春季基本相同,同样呈现近岸高、外海低的趋势,夏季北海海域 COD 平均含量次于春季,调查平均值为 1.05mg/L,变化范围为 0.58~2.42mg/L(表 1),且水质状况良好,除 1 个站外(K 站)其余站位达到国家一类海水水质标准。从图 4 可以看出,COD 含量呈现较明显的近岸高离岸低的特点,污染区域西移至白虎头至西村一带呈双峰形,最高值出现在西村附近的 K 站,廉州湾南流口附近及铁山港内也呈现出高值状态。最低值出现在外湾的 18 号站。

呈现出明显的近岸含量低远岸低的特点,廉州湾海区的含量要高于其他海区,最高值出现在廉州湾顶的 02 号站,最低值则出现在外湾的 10 号站。

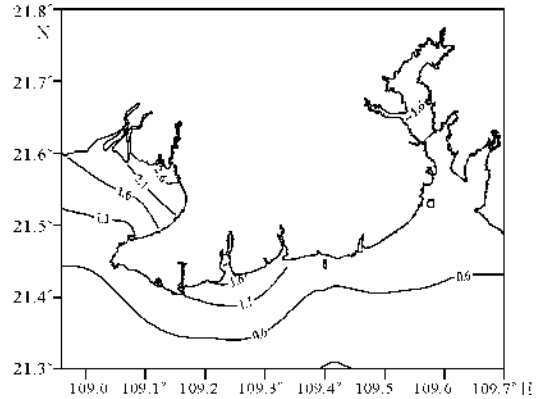


图 5 秋季(2010 年 9 月)北海近岸海域 COD 平面分布
Fig. 5 Horizontal distributions of COD in the coastal waters of Beihai in autumn

2.1.4 冬季

图 6 结果显示,冬季 COD 平面分布浓度变化趋势同样表现为近岸高、外海低,由沿岸向离岸方向递减,等值线基本与岸线平行。冬季北海海域 COD 平均含量为 0.99mg/L,变化范围为 0.62~2.00mg/L(表 1),其 COD 值呈现出较明显的近岸含量低远岸低的特点,最高值出现在铁山港内的 11 号站,最低值则出现在远岸点 07 号站。

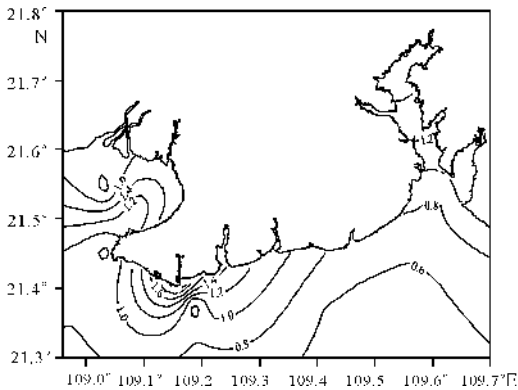


图 4 夏季(2010 年 6 月)北海近岸海域 COD 平面分布
Fig. 4 Horizontal distributions of COD in the coastal waters of Beihai in summer

2.1.3 秋季

图 5 结果同样显示,COD 分布由沿岸向离岸方向呈逐渐降低的趋势。与春、夏季相比,表层 COD 浓度 1.0 mg/L 的高值水舌明显回缩,已移至 21.4°N 以北;秋季北海海域 COD 调查平均值为 1.01mg/L,变化范围为 0.18~2.69mg/L(表 1)。从图 5 北海秋季等值线图还可以看出,其 COD 值

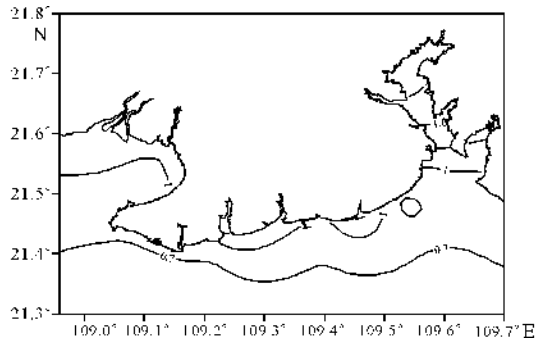


图 6 冬季(2010 年 12 月)北海近岸海域 COD 平面分布
Fig. 6 Horizontal distributions of COD in the coastal waters of Beihai in winter

总体而言,4 个季节的表层 COD 平面分布趋势基本相似,均是近岸高外海低,但冬季等值线最为稀疏,其他季节 COD 浓度变化较快。春季高浓度区

集中于营盘东北角,夏季污染区域西移至白虎头至西村一带呈双峰形,最高值出现在西村附近,秋季则以廉州湾海区含量较高,冬季的高值则在铁山港内。

2.2 COD的质量评价

调查结果采用标准指数法并依据一类海水水质标准 $COD \leq 2 \text{mg/L}$ 评价^[5],当标准指数值 > 1 时视为超标准。图7显示,调查海域COD标准指数范围在0.09~1.38,标准指数平均值为0.52。其中,夏季COD标准指数范围为0.29~1.21,平均值为0.52;秋季COD标准指数范围在0.09~1.35,平均值为0.51;冬季COD标准指数范围在0.31~1.00,平均值为0.50;春季的COD标准指数较高,范围在0.31~1.38,平均值为0.55。总体而言,调查期间,COD值大于1甚至超标的站位主要位于河口附近海域,大部分海域COD指数均 < 1 ,处于一类海水水质范围。

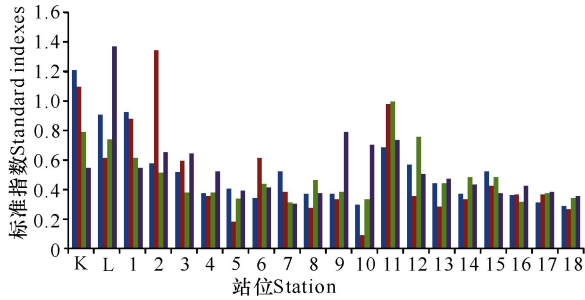


图7 北海近岸海域COD标准指数分布

Fig. 7 Standard indexes of COD in the coastal waters of Beihai

■:夏Summer, ■:秋Autumn, ■:冬Winter, ■:春Spring.

2.3 相关性分析

为了分析调查海域COD的主要来源及其主要影响因素,分别对COD与水温、盐度、叶绿素a、悬浮物、石油类作了相关性分析,结果如表2所示。

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	0.456*	-0.832**	0.591**	0.749**
2010-06	-0.498*	-0.793**	0.609**	0.596**
2010-09	0.720**	-0.740**	0.658**	0.710**
2010-12	0.693**	-0.578*	0.138	0.716**

* $P = 0.05$ (双尾)水平上相关, ** $P = 0.01$ (双尾)水平上相关。 $N = 20$ 。

* Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed). ** correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

2.3.1 COD与水温的关系

由COD浓度与水温的相关性指数(表2)可以看出,除夏季外,调查海域各个季节COD浓度与温

度之间的相关系数均为正值,也就是说除夏季外,高的水温会使得COD值升高。说明适宜的高温有利于水体中耗氧物质的产生,所以在春、秋、冬季表现为与水温呈正相关关系,尤其是秋冬季相关性更为显著。

2.3.2 COD与盐度的关系

由COD浓度与盐度的相关性指数(表2)可以看出,调查海域各个季节COD浓度与盐度之间的相关系数普遍高于0.5,两者之间呈较好的负相关关系。结合COD近岸高外海低,尤其离岸较近的站位COD值明显偏高的平面分布特点,以及春夏季节COD等值线呈巨大水舌外扩而秋冬季节等值线基本与岸线平行的季节变化特征,充分说明调查海域的COD主要来源于陆源输入,尤其是河流输入。总体来说,COD与盐度的相关系数表现为春夏季节高于秋冬季节。秋冬季为枯水期,调查海区的河流径流量较小,COD的陆源输入量也相应较小。因此秋冬季COD值与盐度的负相关系数较小。

2.3.3 COD与叶绿素a的关系

由表2可知,在春、夏及秋季COD与叶绿素之间的相关指数均较高,呈现出明显的正相关关系,而冬季的相关系数较小,无明显相关性。叶绿素a也是影响COD含量变化的主要因子之一^[6]。春、夏、秋季,表层海水中光照、温度等条件比较适宜,海区的浮游植物生长较快及浮游植物数量增加,海水中叶绿素a含量逐渐升高,海水中有机物质相应增多,化学耗氧量增大。

2.3.4 COD与悬浮物的关系

由表2可以看出,COD与悬浮物(TSP)含量呈正相关性,除夏季较小相关系数为0.596外,其余季节的相关系数均在0.7以上,其中相关系数 r 值春季为0.749,秋季为0.710,冬季为0.716。COD作为陆源排海的主要污染物之一,主要是来自排海量大、处理率低的生活污水和工农业废水,其共同特征是混浊度大,含有大量的胶体物、纤维素、悬浮物、沉淀物和溶解的有机质,污水排放量大时,影响尤为明显。秋冬季为枯水期,降雨量减少,废水量所占比例增大,故秋冬季表层相关性高于夏季。春季虽然陆源径流量远低于夏季,但却为悬浮颗粒物含量最高的季节^[7],由于TSP中携带的有机质促进大量浮游植物生长繁殖,死亡沉降并最终分解,因此春季TSP中有机质的存在也使得COD浓度较高。

3 结论

(1)2010年6月~2011年3月的4个季节

COD 表层平面分布特征基本相同,主要表现为近岸高、外海低,由沿岸向离岸方向呈逐渐降低的趋势。

(2)调查海域 COD 浓度低于一类海水水质标准的站位主要位于河口附近海域,其余大部分海域 COD 值均处于一类海水水质范围。

(3)调查海域 COD 平面分布主要受陆源输入,尤其是河流输入的影响。在秋冬季主要是受入海径流的控制,在春夏季,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] 韦蔓新,童万平,赖廷和,等.广西北海湾 COD 与水文生物要素及不同形态氮磷的关系[J].台湾海峡,2002,21(2):162-166.
Wei M X, Tong W P, Lai T H, et al. Relationship between COD, hydrological and biological elements, various states of nitrate and phosphate in Beihai Bay, Guangxi [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2002, 21(2): 162-166.
- [2] 雷富,陈宪云,张荣灿,等.北部湾近岸海域夏季海洋环境质量评价[J].广西科学,2014,21(1):84-88.
Lei F, Chen X Y, Zhang R C, et al. Application the nemerow index to comprehensive assessment of sea area environmental quality of Beibu Gulf coast in summer[J]. Guangxi Sciences, 2014, 21(1): 84-88.
- [3] 庄军莲,姜发军,许铭本,等.钦州湾茅尾海周年环境因子及浮游植物群落特征[J].广西科学,2012,19(3):263-267.
Zhuang J L, Jiang F J, Xu M B, et al. Annual change of environmental factors and phytoplankton community characteristics in Maowei sea of Qinzhou Bay [J].

Guangxi Sciences, 2012, 19(3): 263-267.

- [4] 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. GB17837.4-2007 海洋监测规范[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, GB17837.4-2007 Specifications for oceanographic survey[S]. Beijing: China Standards Press, 2007.
- [5] 国家环境保护局. GB3097-1997 中华人民共和国国家标准海水水质标准[S].北京:环境科学出版社,2004.
China Environmental Protection Administration, GB3097-1997 The People's Republic of China sea water standard[S]. Beijing: Environmental Science Press, 2004.
- [6] 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- α and environmental factors in Dapeng Bay[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1994, 25(2): 197-205.
- [7] 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.

(责任编辑:尹 闯)

(上接第 164 页 Continue from page 164)

- [5] 徐兆礼,张凤英,陈渊泉.机械卷载和余氯对渔业资源损失量评估初探[J].海洋环境科学,2007,26(3):246-251.
Xu Z L, Zhang F Y, Chen Y Q. Assessment on fishery resource loss owing to mechanical entanglement and residual chlorine [J]. Marine Environmental Science, 2007, 26(3): 246-251.
- [6] 刘浩,吴青松,骆智斌,等.福清湾潮流场及污染物输运特性的模型研究[J].厦门大学学报:自然科学版,2009,48(1):139-143.
Liu H, Wu Q S, Luo Z B, et al. Model study on the tidal regime and pollutant transport in the Fuqing bay[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2009, 48(1): 139-143.
- [7] Eduardo L S, José C M, Jayme P O, et al. Environmental response of wastewater inputs through SSO (Santos Submarine Outfall) utilizing an eutrophication numeri-

cal model[J]. Journal of Shipping and Ocean Engineering, 2012, 2: 68-75.

- [8] 周季维.生物统计入门[M].昆明:云南人民出版社,1985.
Zhou J W. Introduction of biometrics[M]. Kunming: Yunnan people's Publishing House, 1985.
- [9] 唐启义,冯光明. DPS 数据处理系统[M].北京:中国农业出版社,1997.
Tang Q Y, Feng G M. Data processing system[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [10] 滕恩江.非离子氨的计算[J].中国环境监测,1994,10(3):47-50.
Teng E J. Calculation of non-ionic ammonia[J]. Environmental Monitoring in China, 1994, 10(3): 47-50.

(责任编辑:陆 雁)