

钦州湾近岸海域六月富营养化水平评价*

Eutrophication Level Assessment of Qinzhou Bay Coastal Waters in June

张荣灿, 陈宪云, 雷富, 庄军莲, 柯珂, 姜发军, 许铭本**

ZHANG Rong-can, CHEN Xian-yun, LEI Fu, ZHUANG Jun-lian, KE Ke, JIANG Fa-jun, XU Ming-ben

(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 Science, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:【目的】调查及评价钦州湾近岸海域夏季海水富营养化水平状况。【方法】2010年6月采集钦州湾近岸海域15个站点的海水样品,测定海水中化学需氧量(COD)、无机氮(DIN)、活性磷酸盐(PO_4-P)等的浓度;采用单因子污染指数法对污染程度进行评价,采用海水富营养化指数法以及潜在富营养化程度评价模式对海水富营养化水平进行评价。【结果】钦州湾近岸海域夏季海水中COD平均浓度为1.00mg/L, DIN平均浓度为0.12mg/L, PO_4-P 平均浓度为0.01mg/L。单因子污染指数法评价结果显示,钦州湾近岸海域海水中COD浓度符合国家一类海水水质标准;DIN浓度超标率为20%; PO_4-P 浓度超标率为20%。海水富营养化指数法评价结果显示,钦州湾海域海水富营养化指数平均值为0.47;海水潜在富营养化程度评价模式评价结果显示,钦州湾海域海水营养级别为Ⅱ级。【结论】钦州湾近岸海域海水受无机氮及活性磷酸盐污染;海水富营养化水平为贫营养;钦州湾近岸海域海水富营养化程度主要受陆源污染物及海水养殖影响。

关键词:营养水平 潜在富营养化评价模式 单因子污染指数法 富营养化指数法

中图分类号:P76 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2014)03-0170-06

Abstract:【Objective】The survey and assessment on the eutrophication level of Qinzhou bay coastal waters were conducted. 【Methods】15 sea water samples were collected by Guangxi Qinzhou Bay in June 2010. The concentration of COD, DIN and PO_4-P were determined. The pollution status of sea water was assessed by the index technique of single factor. The eutrophication level of sea water was assessed by the method of eutrophication index and potential eutrophication assessment model. 【Results】The mean concentration of COD, DIN and PO_4-P of Qinzhou bay coastal waters were 1.00mg/L, 0.12mg/L, and 0.012mg/L, respectively. The mean concentration of COD was meet the national sea water quality standard of the first category. The over standard rate of the mean concentration of DIN and PO_4-P was 20%. The mean eutrophication index of Qinzhou bay coastal waters was 0.47. The eutrophication grade of Qinzhou bay coast was Ⅱ degree. 【Conclusion】The sea water of Qinzhou bay coast was polluted by DIN and PO_4-P . The eutrophication level of Qinzhou bay coast was pool nutrient. The eutrophication degree of Qinzhou bay coast was mainly affected by the land-source pollutant and mariculture.

Key words: eutrophication level, potential eutrophication assessment model, index technique of single factor, eutrophication index

收稿日期:2014-04-10

修回日期:2014-05-05

作者简介:张荣灿(1980-),男,助理研究员,主要从事海洋环境科学研究。

* 广西科学院科技创新项目(2010HY001),广西科技攻关项目(桂科攻 1355007-12),广西科学院基本业务费项目(11YJ24HY02)资助。

** 通讯作者:许铭本(1983-),男,工程师,主要从事海洋环境科学研究。E-mail:93501157@qq.com。

【研究意义】钦州湾位于北部湾顶部,广西沿岸

中段。该湾由内湾(茅尾海)和外湾(钦州湾)构成,中间狭窄,两端宽阔,东、西、北3面皆为陆地环绕,南面与北部湾相通,是一个半封闭型天然海湾^[1]。近年来,随着《广西北部湾经济区发展规划》的实施以及设立钦州保税港区的批准,钦州市一大批临海工业项目相继建成投产,这些项目的建设取得了显著的经济效益,极大促进当地经济社会的发展。但由此也带来了不可忽视的海洋生态与环境的负面影响^[2,3]:大量工业废水、富含营养物质的生活污水的排放,以及近岸大规模的海水养殖所产生的污染物,使得钦州湾近岸海域的水质污染程度增加,水体富营养化呈明显上升的趋势(图1)。对钦州湾近岸海域进行营养水平评价,对于了解钦州湾海域海水的富营养化程度、为政府管理部门提供决策依据、对于保护海洋环境都具有重要的意义。【前人研究进展】海湾的营养状况是海洋环境质量评价的重要依据。根据近30年来的调查资料,已有相关文献对钦州湾海域的营养盐状况进行了分析评价^[4~9]。【本研究切入点】对钦州湾海域营养盐分布特征报道不少,但利用潜在富营养化程度评价模式对钦州湾海域富营养化水平进行评价的报道不多。【拟解决的关键问题】根据2010年6月钦州湾的水质调查结果,采用富营养化指数法、潜在性富营养化程度评价模式对钦州湾近岸海域海水富营养化水平进行分析和评价,为该海域的环境生态研究以及与富营养化密切相关的其他污染问题的研究提供依据。



图1 钦州湾赤潮

Fig. 1 Red tide of Qinzhou bay

1 调查及评价方法

1.1 样品采集

在钦州湾外湾布设15个调查站位(图2)。调查时间为2010年6月。采用2.5dm³有机玻璃采水器采集海水样品。样品的采集、保存、前处理均按《海洋监测规范》(GB17378-2007)^[10]所规定的方法进行。

1.2 调查项目

水质调查项目包括化学需氧量(COD)、无机氮(DIN,包括硝酸盐NO₃-N、亚硝酸盐NO₂-N、氨氮NH₄-N)、活性磷酸盐(PO₄-P)。

样品的监测方法按《海洋监测规范》(GB17378-2007)^[11]所规定的方法进行:COD浓度采用碱性高锰酸钾法进行测定(滴定);NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P浓度均采用分光光度法测定(美国安捷伦科技公司 Cary100 紫外可见分光光度计)。

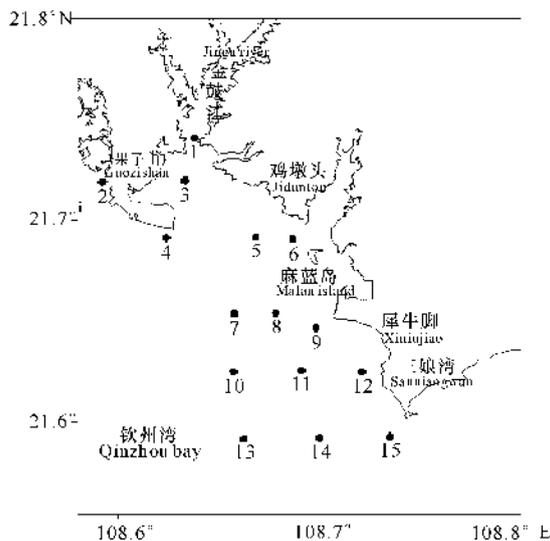


图2 调查站位

Fig. 2 Location of survey stations

1.3 评价方法

1.3.1 单因子污染指数法

采用《近海海洋环境监测规范》^[12]提出的单因子污染指数法评价调查海域的水质污染程度。污染指数的计算公式为

$$PI_i = C_i / S_{0i}$$

式中: PI_i —某监测站位污染物 i 的污染指数, C_i —某站位污染物 i 的实测浓度, S_{0i} —污染物 i 的评价标准。以《海水水质标准》^[13]的第一类标准限值作为评价标准,当 $PI_i \leq 1$ 时,表示符合标准;当 $PI_i > 1$ 时,表示超标。

1.3.2 富营养化指数法

海水营养水平采用《近海海洋环境监测规范》^[12]中提出的富营养化指数法来进行评价,等级划分标准见表1。富营养化指数的计算公式如下

$$E = COD \times DIN \times DIP \times 10^6 / 4500$$

式中: E 为富营养化指数, COD 、 DIN 、 DIP 分别为海水中化学需氧量、无机氮以及磷酸盐的浓度(单位均为 mg/L)。

表1 水质富营养等级划分标准

Table 1 The division standard of entrohication grade

富营养化等级 Entrohication grade	贫营养 Pool eutrohication	轻度富营养 Mild eutrohication	中度富营养 Medium eutrohication	重富营养 Heavy eutrohication	严重富营养 Serious eutrohication
E	$E < 1$	$1 \leq E < 2$	$2 \leq E < 5$	$5 \leq E < 15$	$E \geq 15$

1.3.3 潜在富营养化程度评价模式

我国近岸海域普遍具有营养盐比例不平衡,致使浮游植物生长受制于某一相对不足营养盐的特性。因此,选择郭卫东等^[14,15]提出的潜在性富营养化程度评价模式对钦州湾富营养化潜在性影响因素进行分析。

该模式选取对浮游植物生长起主要制约作用的DIN及 PO_4-P 作为评价参数。营养级的划分(划分标准见表2^[14])同时兼顾N(氮)、P(磷)含量及N:P值。根据N、P的含量,将营养级划分为贫营养、中度营养及富营养三级。同时,根据N:P值的大小,将 $N:P > 30$ 划为磷限制海区, $N:P < 8$ 划为氮限制海区。对于每一种营养盐限制海区,再依据N或P含量以及N:P值进行细分。

表2 营养级划分标准

Table 2 Classification of nutrient levels

级别 Grade	营养级 Nutrient level	DIN (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	N:P
I	贫营养 Pool eutrohication	< 0.2	< 0.03	8~30
II	中度营养 Medium eutrohication	0.2~0.3	0.03~0.045	8~30
III	富营养 Eutrohication	> 0.3	> 0.045	8~30
IV _P	磷限制中度营养 Phosphorus-limited medium eutrohication	0.2~0.3	—	> 30
V _P	磷中等限制潜在性富营养 Slightly-phosphorus-limited potential eutrohication	> 0.3	—	30~60
VI _P	磷限制潜在性富营养 Phosphorus-limited potential eutrohication	> 0.3	—	> 60
IV _N	氮限制中度营养 Nitrogen-limited medium eutrohication	—	0.03~0.045	< 8
V _N	氮中等限制潜在性富营养 Slightly-nitrogen-limited potential eutrohication	—	> 0.045	4~8
VI _N	氮限制潜在性富营养 Nitrogen-limited potential eutrohication	—	> 0.045	< 4

2 结果与分析

2.1 水质调查结果及评价

2.1.1 调查结果

钦州湾近岸海域15个站点的水质调查结果见表3,COD、 PO_4-P 及DIN浓度平面分布见图3。由表3及图3可见:

(1)调查海域海水中COD浓度变化范围为0.65~1.32mg/L,平均值为1.00mg/L。COD高值出现在5号站及11号站,低值出现在15号站。各站COD浓度无明显差异。

(2)调查海域海水中 PO_4-P 浓度变化范围为0.01~0.03mg/L,平均值为0.01mg/L。 PO_4-P 的高值出现在近岸的2、4号站,低值出现在12、13、14号等离岸站位。 PO_4-P 浓度的平面分布特征为:由钦州湾外湾西北侧(茅尾海出海口)向东南侧递减。

表3 钦州湾近岸海域水质调查结果(mg/L)

Table 3 Results of the sea water quality in Qinzhou bay coastal waters(mg/L)

站号 Station	COD	PO_4-P	NO_3-N	NO_2-N	NH_4-N	DIN
1	1.04	0.01	0.15	0.01	0.04	0.20
2	1.10	0.03	0.28	0.01	0.07	0.36
3	0.85	0.01	0.17	0.01	0.03	0.21
4	0.91	0.03	0.22	0.01	0.08	0.31
5	1.32	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03
6	0.95	0.01	0.05	0.02	0.00	0.07
7	0.93	0.01	0.13	0.01	0.05	0.19
8	1.28	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02
9	0.87	0.01	0.05	0.01	0.02	0.08
10	1.02	0.01	0.07	0.01	0.01	0.09
11	1.32	0.01	0.07	0.01	0.01	0.09
12	0.93	0.01	0.04	0.01	0.00	0.05
13	1.11	0.01	0.04	0.01	0.00	0.05
14	0.79	0.02	0.02	0.01	0.00	0.03
15	0.65	0.01	0.03	0.00	0.01	0.04
平均值 Mean	1.00	0.01	0.09	0.01	0.02	0.12

(3)调查海域海水中 NO_3-N 浓度变化范围为0.02~0.28mg/L,平均值为0.09mg/L。硝酸盐浓度的高值出现在近岸的2号站,低值出现在5、8、14号站。 NO_3-N 浓度的平面分布特征为:由钦州湾外湾西北侧(茅尾海出海口)向东南侧递减。

(4)调查海域海水中 NO_2-N 浓度变化范围为0.00~0.02mg/L,平均值为0.01mg/L。各站亚硝酸盐浓度无明显差异。

(5)调查海域海水中 NH_4-N 浓度变化范围为0.00~0.08mg/L,平均值为0.02mg/L。 NH_4-N 浓度的高值出现在4号站,低值出现在5、6、8、12、

13、14号站。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度的平面分布特征为:由钦州湾外湾西北侧(茅尾海出海口)向东南侧递减。

(6)DIN为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_2\text{-N}$ 及 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的总和。调查海域海水中DIN浓度变化范围为0.02~0.36mg/L,平均值为0.12mg/L。无机氮浓度的高值出现在近岸的2号站,低值出现在8号站。无机氮浓度的平面分布特征为:由钦州湾外湾西北侧(茅尾海出海口)向东南侧递减。

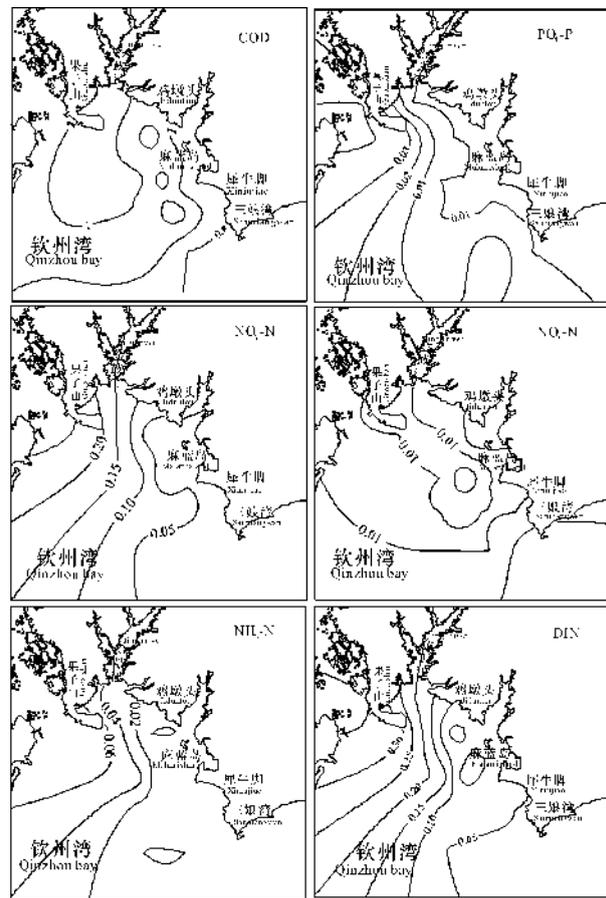


图3 COD、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 及DIN浓度平面分布(mg/L)

Fig. 3 The horizontal distribution of the concentration of COD, $\text{PO}_4\text{-P}$ and DIN

2.1.2 调查结果评价及分析

单因子污染指数法评价结果如下:

(1)COD单因子污染指数的范围为0.33~0.66,平均值为0.50。15个站位的COD污染指数均符合一类海水水质标准。

(2)DIN单因子污染指数的范围为0.10~1.80,平均值为0.61。有3个站(2、3、4号站)位的DIN污染指数超出一类海水水质标准,超标率为20%。

(3) $\text{PO}_4\text{-P}$ 单因子污染指数的范围为0.67~2.00,平均值为0.89。有3个站位(2、4、14号站)的DIN污染指数超出一类海水水质标准,超标率为

20%。

从评价结果来看,超标的因子是DIN及 $\text{PO}_4\text{-P}$,超标的站位主要是2、3、4号站等近岸站位。近岸站位的DIN及 $\text{PO}_4\text{-P}$ 有超标现象,主要是由于陆源污染物的排放引起的。离岸站位由于海水的稀释作用,污染物浓度相对较低。

此外DIN、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度的平面分布特征为:由钦州湾西北侧向东南侧递减,原因可能是:由于钦州湾西北侧为茅尾海及勒沟河,茅尾海上有钦江、茅岭江等淡水径流注入,带来大量的营养物质;同时茅尾海上有众多海水养殖区,养殖饵料的投放也会引入营养物质。勒沟河上游有生活排水口,不可避免地会向海中排入污染物。而钦州湾东南侧沿岸,较少有淡水径流以及海水养殖。因此,钦州湾西北侧海水中营养物质($\text{PO}_4\text{-P}$ 、DIN)浓度较高,尤其以茅尾海出海口与勒沟河口交汇处的果子山附近(2号站)。东南侧由于营养物质输入较少,加上海水的稀释作用,浓度较低。

2.2 海水富营养化水平评价

2.2.1 海水富营养化指数法评价结果

表4结果显示,调查海域海水富营养化指数的变化范围为0.06~2.64,均值为0.47,富营养化等级为贫营养。2号站为中度富营养,4号站为轻度富营养,其余各站均为贫营养。富营养化指数的高值出现在2号站(中度富营养);低值则出现在8号、15号站。

表4 海水富营养化指数

Table 4 The eutrophication index of sea water

站号 Station	富营养化指数 E Eutrophication index	富营养化等级 Eutrophication grade
1	0.46	贫营养 Pool eutrophication
2	2.64	中度富营养 Medium eutrophication
3	0.40	贫营养 Pool eutrophication
4	1.88	轻度富营养 Mild eutrophication
5	0.09	贫营养 Pool eutrophication
6	0.15	贫营养 Pool eutrophication
7	0.39	贫营养 Pool eutrophication
8	0.06	贫营养 Pool eutrophication
9	0.15	贫营养 Pool eutrophication
10	0.20	贫营养 Pool eutrophication
11	0.26	贫营养 Pool eutrophication
12	0.10	贫营养 Pool eutrophication
13	0.12	贫营养 Pool eutrophication
14	0.11	贫营养 Pool eutrophication
15	0.06	贫营养 Pool eutrophication
平均值 Mean	0.47	贫营养 Pool eutrophication

从图4可以看出,海水富营养化指数的空间分布特征为:由钦州湾西北侧(茅尾海出海口)向东南侧递减。海水富营养化指数的这一分布趋势,与海水中DIN及 PO_4-P 的浓度分布特征一致,而与COD浓度分布特征的相关性不明显。

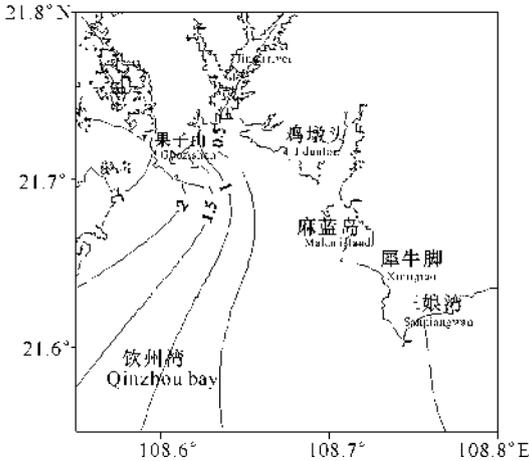


图4 富营养化指数平面分布

Fig. 4 The horizontal distribution of eutrophication index

2.2.2 海水潜在富营养化程度评价结果

从表5可以看出,1号站、3号站的营养级为Ⅱ级(中营养),2号站、4号站的营养级为Ⅲ级(富营养),其余各站的营养级均为Ⅰ级(贫营养)。这一评价结果与利用富营养化指数评价的结果大致相同。但从调查站位所处海域来看,海水潜在富营养化程度评价模式更好地反映了不同站位海水的富营养化状况的差异。2号站位于勒沟河口,4号站位于茅尾海出海口附近,这两个站位所处海域的营养物质来源较多(茅尾海上淡水径流带来的营养物质、茅尾海海水养殖饵料引入的营养物质、勒沟河上的生活排水口排放的污染物),营养物质浓度较高,富营养化程度也较高。而1、3号站位所在海域,营养物质来源主要是金鼓江上游的海水养殖饵料,受淡水径流(金鼓江并非淡水径流,而是钦州湾深伸入陆地的海汊)及生活污水排放的影响较小,因而富营养化程度较小。其余站位(5~15号站)则由于离污染源较远,加上海水的稀释作用,营养物质浓度更低,海水富营养化程度更小。

由此可见,钦州湾近岸海域海水富营养化程度主要受陆源污染物及海水养殖影响。

表5 钦州湾近岸海域营养类型划分

Table 5 The nutrient level of Qinzhou bay coast

站号 Station	DIN (mg/L)	PO_4-P (mg/L)	N:P	级别 Grade	营养级 Nutrient level
1	0.20	0.01	20	Ⅱ	中度营养 Medium eutrophication
2	0.36	0.03	12	Ⅲ	富营养 Eutrophication
3	0.21	0.01	21	Ⅱ	中度营养 Medium eutrophication
4	0.31	0.03	10	Ⅲ	富营养 Eutrophication
5	0.03	0.01	3	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
6	0.07	0.01	7	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
7	0.19	0.01	19	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
8	0.02	0.01	2	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
9	0.08	0.01	8	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
10	0.09	0.01	9	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
11	0.09	0.01	9	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
12	0.05	0.01	5	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
13	0.05	0.01	5	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
14	0.03	0.02	2	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
15	0.04	0.01	4	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication
平均值 Mean	0.12	0.01	12	Ⅰ	贫营养 Pool eutrophication

3 结论

本文对2010年6月钦州湾近岸海域海水水质进行调查,对海水富营养化程度进行评价,结论如下:

(1)夏季钦州湾海域COD浓度平均值为1.00mg/L,DIN平均浓度为0.12mg/L、 PO_4-P 平均浓度为0.01mg/L。

(2)以单因子污染指数法进行评价,钦州湾近岸海域海水中COD浓度符合国家一类海水水质标准;3个站位的 PO_4-P 浓度超出一类海水水质标准(超标率20%);3个站位的DIN浓度超出一类海水水质标准(超标率20%)。

(3)以海水富营养化指数对钦州湾近岸海域海水富营养化水平进行评价,富营养化指数为0.47,等级为贫营养。

(4)以潜在富营养化程度评价模式进行评价,钦州湾近岸海域营养级为Ⅱ级,营养类型为贫营养。

(5)钦州湾近岸海域海水富营养化程度主要受陆源污染物及海水养殖影响。

参考文献:

- [1] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第十二分册(广西海湾)[M]. 北京:海洋出版社,1993.
Compiling Committee of Records of China Bays. Records of China Bays 12th Fascicule (Guangxi bays) [M]. Beijing: Ocean Press, 1993.
- [2] 庄军莲. 广西涉海工程项目建设对海洋环境的影响分析[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 152-155.
Zhuang J L. Marine project construction and its influence on marine environment in Guangxi[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2011, 27(2): 152-155.
- [3] 蓝文陆, 杨绍美, 苏伟. 环钦州湾河流入海污染物通量及其对海水生态环境的影响[J]. 广西科学, 2012, 19(3): 257-262.
Lan W L, Yang S M, Su W. Variation of river pollutant fluxes around Qinzhou bay and their environmental impacts[J]. Guangxi Science, 2012, 19(3): 257-262.
- [4] 韦蔓新, 赖廷和, 何本茂. 钦州湾丰、枯水期营养状况变化趋势及其影响因素[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(3): 16-21.
Wei M X, Lai T H, He B M. Chang trend of nutrient conditions and influencing factors during high and low-water period in Qinzhou bay[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2003, 22(3): 16-21.
- [5] 韦蔓新, 赖廷和, 何本茂. 钦州湾近 20a 来水环境指标的变化趋势 I 平水期营养盐状况[J]. 海洋环境科学, 2002, 21(3): 49-52.
Wei M X, Lai T H, He B M. Change trend of the chemical items in Qinzhou Bay in the last twenty years I Nutrient condition in usual discharged period[J]. Marine Environmental Science, 2002, 21(3): 49-52.
- [6] 龙颖贤, 檀笑, 韩保新, 等. 茅尾海营养状况及其来源研究[J]. 生态科学, 2012, 31(5): 572-576.
Long Y X, Tan X, Han B X, et al. Research on status and sources of nutrients in the Maowei Sea[J]. Ecological Science, 2012, 31(5): 572-576.
- [7] 杨斌, 方怀义, 钟秋平, 等. 钦州湾夏季营养盐的分布特征及富营养化评价[J]. 海洋通报, 2012, 31(6): 640-645.
Yang B, Fang H Y, Zhong Q P, et al. Distribution characteristics of nutrients and eutrophication assessment in summer in Qinzhou Bay[J]. Marine Science Bulletin, 2012, 31(6): 640-645.
- [8] 徐敏, 韩保新, 龙颖贤. 钦州湾海域氮磷营养盐近 30 年变化规律及其来源分析[J]. 环境工程技术学报, 2012, 2(3): 253-258.
Xu M, Han B X, Long Y X. Analysis of the variation trend and sources of nitrogen and phosphorus in Qinzhou bay in the last 30 years[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2012, 2(3): 253-258.
- [9] 蓝文陆, 彭小燕. 茅尾海富营养化程度及其对浮游植物生物量的影响[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 109-112.
Lan W L, Peng X Y. Eutrophication status and its impact on phytoplankton biomass in the Maowei sea[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2011, 27(2): 109-112.
- [10] 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. GB17378—2007 海洋监测规范 第 3 部分: 样品采集、贮存与运输[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Standardization Administration of the People's Republic of China, GB17378—2007 The specification for marine monitoring Part 3: Sample collection, storage and transportation[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2008.
- [11] 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. GB17378—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, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Standardization Administration of the People's Republic of China, GB17378—2007 The specification for marine monitoring Part 4: Seawater analysis[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2008.
- [12] 中华人民共和国环境保护部. 近岸海域环境监测规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
Ministry of Environmental Protection, the People's Republic of China. Specification for offshore environmental monitoring[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2009.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB3097—1997 海水水质标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB3097—1997 Seawater quality standard[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 1997.
- [14] 郭卫东, 章小明, 杨逸萍, 等. 中国近海海域潜在性富营养化程度的评价[J]. 台湾海峡, 1998, 17(1): 64-70.
Guo W D, Zhang X M, Yang Y P, et al. Potential eutrophication assessment for Chinese coastal waters [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1998, 17(1): 64-70.
- [15] 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.
He X Y. Chang of seawater environmental parameter and assessment of water quality in Beibu gulf Fangchenggang inshore[J]. Journal of Guangxi Academy of Science, 2012, 28(4): 293-297.

(责任编辑:尹 闯)