

北部湾海域水质综合污染指数和浮游植物多样性指数评价*

Assessment of Beibu Gulf Pollution by Water Comprehensive Pollution Index and Phytoplankton Diversity Index

姜发军^{1,2},许铭本¹,陈宪云¹,张荣灿¹,雷富^{1**}

JIANG Fa-jun^{1,2},XU Ming-ben¹,CHEN Xian-yun¹,ZHANG Rong-can¹,LEI Fu¹

(1. 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;2. 深圳大学生命科学学院,深圳市海洋生物资源与生态环境重点实验室,广东深圳 518060)

(1. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China; 2. Shenzhen Key Laboratory of Marine Biological Resources and Ecological Environment, College of Life Sciences, Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong, 518060, China)

摘要:【目的】探讨环境污染评价方法,以期反映广西北部湾海域污染水平的客观情况,推进海洋生态环境质量评价方法的进一步发展,为该海域的环境生态研究以及富营养化问题研究提供依据。【方法】利用水质综合污染指数和浮游植物多样性指数分别对广西北部湾海域2010年6月和2010年9月调查的数据进行污染程度评价,并讨论利用多样性指数评价的合理性。【结果】广西北部湾海域污染等级处于轻中污染至无污染之间,其中利用水质化学因子进行综合评价的结果为轻污染,利用浮游植物多样性指数进行评价的结果为轻中污染至轻污染或无污染。【结论】水质化学评价与水质生物学评价在海域污染程度上存在一定的偏差。利用浮游植物多样性指数评价海域水质污染程度,其评价标准仍有待更多的调查来验证和修正。在实际评价中不能单从指数结果就轻易下定论,应结合理化监测结果,才能得到实际结论。

关键词:水质综合污染指数 多样性指数 污染 浮游植物 北部湾

中图分类号:X145 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)04-0376-05

Abstract:【Objective】Pollution evaluation method was discussed in order to reflect the objective situation of pollution level in Guangxi Beibu Gulf waters, promote the further development of quality evaluation methods for the marine environment and ecology, and provide the basis for the study on the sea environment and other pollution problems associated with eutrophication.

【Methods】Two cruises were carried out, and water comprehensive pollution index and biodiversity index were used to investigate the water quality and ecological status in the Guangxi Beibu Gulf in June 2010 and March 2010. 【Results】The pollution degrees of Guangxi Beibu Gulf were between moderate to non-pollution. The water comprehensive pollution index was at a light polluted status, while the phytoplankton biodiversity index showed that the pollution degrees were between moderate to non-pollution.

收稿日期:2014-04-01

修回日期:2014-05-23

作者简介:姜发军(1976-),男,博士,副研究员,主要从事海洋环境研究。

* 广西科技攻关项目(桂科攻 1355007-12),广西自然科学基金重大项目(2012GXNSFEA053001),广西自然科学基金项目(2011GXNSFA018108)资助。

** 通讯作者:雷富(1975-),男,副研究员,主要从事海洋环境研究。E-mail:smallfoxf@sina.com。

【Conclusion】 There is certain deviation in the degree of pollution in the sea waters between chemical evaluation method and diversity evaluation method of phytoplankton. The diversity index of phytoplankton in the pollution degree of water quality assessment and the evaluation standards still need more research to verify and modify, thus a simple conclusion could not be hastily deduced but should be associated with physicochemical factors.

Key words: water comprehensive pollution index, diversity index, pollution, phytoplankton, Beibu Gulf

【研究意义】虽然广西海洋产业对近海水环境的影响还不明显^[1],但随着北部湾经济区的发展,各种工业和生活污水排放、海水养殖以及地表径流带来的面源污染已给北部湾海域造成了显著的环境压力,故其水质与生态环境质量近年来一直备受关注。**【前人研究进展】**目前对水质评价方法的研究已经比较成熟,各种方法均有其优缺点^[2]。应用于广西北部湾海域水环境质量的评估方法主要有模糊数学法和指数法。如陈群英^[3]根据1996~2000年的广西廉州湾枯、丰两期水质监测资料,利用指数法对广西廉州湾水质状况进行了评价;柳娟等人^[4]对2006年夏季广西合浦海草示范区海水水质现状进行了综合评价;雷富等人^[5]根据2011年6月的调查数据采用单因子指数法对广西茅尾海海水进行分析和评价。目前对于广西北部湾海域进行的水环境质量评价未涉及到生态因子,而对于广西北部湾海域生态环境质量的研究,仅限于一些浮游植物、浮游动物及底栖生物方面的调查^[6~10],并未进行生态环境质量方面的综合评价。**【本研究切入点】**目前,尚未见与广西北部湾海域水质污染的浮游植物多样性指数评价相关的报道。**【拟解决的关键问题】**本研究探讨海水污染的评价方法,以期反映广西北部湾海域海水污染的客观情况,推进海洋环境与生态质量评价方法的进一步发展,为该海域的环境生态研究以及富营养化问题研究提供依据。

1 调查站位与方法

1.1 站位布设及分析方法

分别于2010年6月、12月,在广西沿岸海域(21.35~21.90°N, 118.00~119.70°E)布设44个站位(图1),结合本次调查站位布设状况,将广西沿岸海域划分为防城港海区、钦州海区、北海海区3个海区。

利用采水器采集表层海水,取出其中1L,用鲁哥氏液固定,使其最终浓度为15%。带回实验室后,逐步沉淀浓缩至10mL左右,具体可视浮游植物细胞丰度而定。然后摇匀水样,取出0.1mL样品,利用浮

游植物分析框在Olympus BH.2显微镜下进行计数和种类鉴定。计数时为了使误差减少到10%,每次所计浮游植物细胞数均达到400个以上^[11]。各测站同步调查检测DIN(NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N)、PO₄³⁻-P、DO、COD_{Mn}、石油类和重金属(Cu、Zn、Pb、Cd)等环境参数,样品的采集、保存、分析均按规范程序进行^[12,13]。

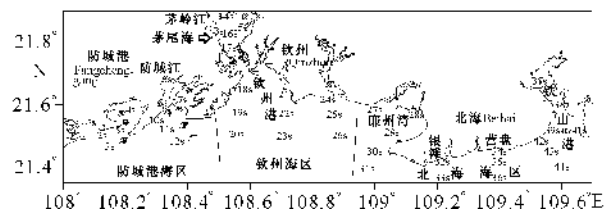


图1 广西沿岸海区调查站位

Fig. 1 Stations for sampling in the coastal water of Guangxi

1.2 评价方法

1.2.1 水质化学指标及其评价方法

水质综合评价包括有机污染因子(DO、COD、无机氮、活性磷酸盐)、石油类和有毒重金属污染物(Cu、Zn、Pb、Cd)等污染因子。水质综合评价模式, $A_{综合} = A_{有机} + A_{石油} + A_{有毒}$ 。式中 $A_{综合}$ 为水质综合污染指数, $A_{有机}$ 、 $A_{石油}$ 和 $A_{有毒}$ 分别为有机污染指数、石油污染指数和有毒污染物综合指数; $A_{有机} = \alpha_{DO} + \alpha_{COD} + \alpha_{DIN} + \alpha_{DIP}$; $A_{石油} = \alpha_{石油}$; $A_{有毒} = (\alpha_{Cu} + \alpha_{Zn} + \alpha_{Pb} + \alpha_{Cd}) \times 1/4$ 。α为各水质参数的标准指数,其计算方法见文献^[14,15]。

污染评价采用GB 3097-1997《海水水质标准》中的第一类海水标准。利用水质综合污染指数进行污染等级划分的标准如下: $0 < A_{综合} \leq 1$ 的为清洁; $1 < A_{综合} \leq 2$ 的为微污染; $2 < A_{综合} \leq 7$ 的为轻污染; $7 < A_{综合} \leq 9$ 的为重污染; $A_{综合} > 9$ 的为严重染污。

1.2.2 多样性指数的评价方法

浮游植物多样性指数的评价按以下计算公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i,$$

式中, P_i 为第 i 种的个体数(n_i)与总个体数(N)的比值, f_i 为第 i 种在各站位出现的频率, Y

值大于 0.02 的种类为优势种。 H_{max} 为 $\log_2 S$, 表示多样性指数的最大值, S 为样品中总种类数。当 $H' < 1$ 时表示水体为重污染; 当 $H' = 1 \sim 3$ 时表示水体中度污染, 其中, 当 $H' = 1 \sim 2$ 时表示 α -中度污染(重中污染), $H' = 2 \sim 3$ 时表示 β -中度污染(轻中污染); 当 $H' > 3$ 时表示水体轻度污染至无污染^[16,17]。

2 结果与分析

研究海域水质综合污染指数见表 1, 夏季的变化范围为 2.21~8.74, 均值为 4.20, 污染程度为钦州海域 > 北海海域 > 防城港海域; 冬季的变化范围为 1.29~11.05, 均值为 3.42, 污染程度为防城港海域 > 钦州海域 > 北海海域。两次调查的评价结果均指示为轻污染, 秋季污染最为严重, 夏季大于冬季。从图 2、图 3 可以看出, 夏季污染主要集中在防城江口、大风江口以及钦江和茅尾江入海口的茅尾海; 冬季污染较轻, 只有防城江、钦江和南流江入海口污染较重。

研究海域浮游植物多样性指数见表 2。夏季广西北部湾海域浮游植物多样性指数的变化范围为 0.97~4.30, 均值为 3.02; 冬季广西北部湾近岸海域浮游植物多样性指数的变化范围为 0.35~4.23, 均值为 3.50。根据浮游植物多样性判断, 夏季广西北部湾近岸海域总体为轻污染或无污染, 其中防城港和钦州海域为轻中污染, 北海为轻污染或无污染, 污染

程度为北海海域 > 钦州海域 > 防城港海域; 冬季广西北部湾近岸海域总体为轻污染或无污染, 污染程度为北海海域 > 钦州海域 > 防城港海域。从图 4、图 5 可以看出, 夏季污染主要集中在防城港湾口处、大风江入海口; 冬季污染主要污染集中在茅岭江和钦江、防城江、大风江、南流江入海口、及营盘和银滩外海处。

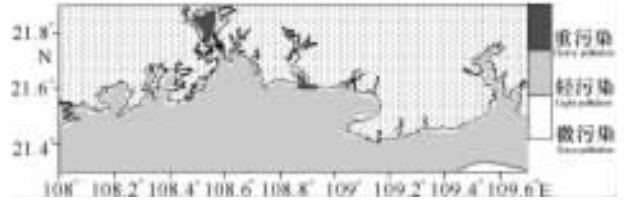


图 2 2010 年夏季广西北部湾近岸水质污染形势

Fig. 2 Water pollution status of Guangxi Beibu Gulf in the Summer of 2010

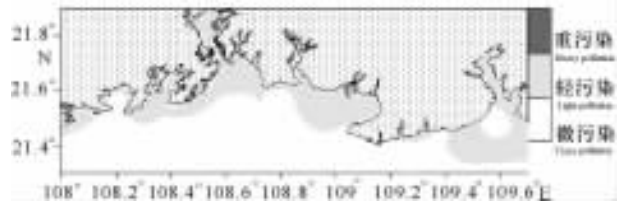


图 3 2010 年冬季广西北部湾近岸水质污染形势

Fig. 3 Water pollution status of Guangxi Beibu Gulf in the Winter of 2010

Table 1 The comprehensive pollution index of water quality and evaluation results of Guangxi Beibu Gulf in 2010

海域 Sea area	夏季 Summer			冬季 Winter		
	范围 Range	均值 Mean value	评价结果 Evaluation results	范围 Range	均值 Mean value	评价结果 Evaluation results
全海域 The whole area	2.21~8.74	4.20	轻污染 Light pollution	1.29~11.05	3.42	轻污染 Light pollution
防城港 Fangchenggang	2.30~8.74	3.84	轻污染 Light pollution	1.29~9.21	3.86	轻污染 Light pollution
钦州 Qinzhou	2.82~7.97	4.47	轻污染 Light pollution	1.70~11.05	3.61	轻污染 Light pollution
北海 Beihai	2.21~8.64	4.10	轻污染 Light pollution	1.50~7.36	3.02	轻污染 Light pollution

表 2 2010 年广西北部湾近岸浮游植物多样性指数及评价结果

Table 2 The diversity index of phytoplankton and evaluation results of Guangxi Beibu Gulf in 2010

海域 Sea area	夏季 Summer			冬季 Winter		
	范围 Range	均值 Mean value	评价结果 Evaluation results	范围 Range	均值 Mean value	评价结果 Evaluation results
全海域 The whole area	0.97~4.30	3.02	轻污染或无污染 Light or non pollution	0.35~4.23	3.50	轻污染或无污染 Light or non pollution
防城港 Fangchenggang	1.66~3.97	2.65	轻中污染 Mild moderate pollution	0.35~4.23	3.22	轻污染或无污染 Light or non pollution
钦州 Qinzhou	0.97~4.30	2.80	轻中污染 Mild moderate pollution	1.08~4.4	3.47	轻污染或无污染 Light or non pollution
北海 Beihai	1.57~3.02	3.42	轻污染或无污染 Light or non pollution	0.42~4.56	3.65	轻污染或无污染 Light or non pollution

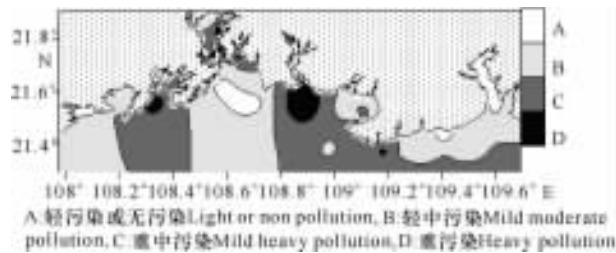


图4 夏季水质污染的浮游植物多样性指数评价

Fig. 4 Water pollution status of Guangxi Beibu Gulf in the Summer indicated by phytoplankton diversity index

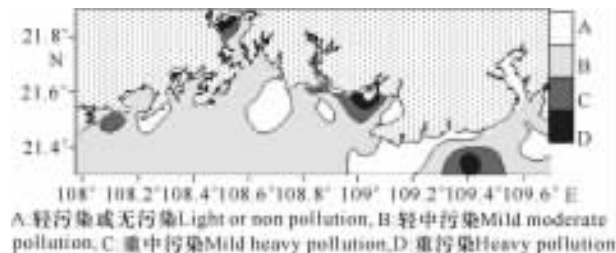


图5 冬季水质污染的浮游植物多样性指数评价

Fig. 5 Water pollution status of Guangxi Beibu Gulf in the Winter indicated by phytoplankton diversity index

3 讨论

本研究利用水质综合污染指数和植物多样性指数分别对北部湾海域 2010 年 6 月和 12 月调查的数据进行污染程度评价,并讨论利用多样性指数评价的合理性。其中利用水质化学因子进行综合评价的结果为轻污染,利用浮游植物多样性指数进行评价的结果为轻中污染至轻污染或无污染。表明水质化学评价方法与生物学评价结果在污染形势、海域污染程度上有一定偏差。究其原因,一方面可能是多样性指数等级划分标准的制定存在一定的偏差,另一方面可能是由于化学指标测定的是采样瞬间的水质理化状况,容易受到潮汐涨落及其他因素的影响,而多样性指数综合评价方法主要是利用水体中各种生物种类组成来反映水体的健康情况,是种类和数量分布的一个函数,但是,它有一定的局限性:在单位时间内的取样,人们无法确定多样性指数值的上升是由于个体的更均匀分布还是由于种类的增加,也无法判断指数值的下降是由于优势种的突显还是种类数量的减少。可见,多样性指数不能很好地反映出密度的变化,也没有反映优势种类的更替^[18]。本研究认为利用浮游植物多样性指数评价海域水质污染程度,其评价标准仍有待更多的调查来验证和修正。因此在实际评价中不能单从一种指数结果就轻易下定论,必须结合理化监测结果,才能得到实际的结论。

参考文献:

[1] 陆海生,陈波. 海洋产业发展对广西近海水质环境的影
广西科学 2014 年 8 月 第 21 卷第 4 期

响[J]. 南方农业学报,2014,45(7):1322-1326.
Lu H S, Chen B. Effects of the development of marine industry on offshore environment in Guangxi[J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45(7): 1322-1326.
[2] 李如忠. 水质评价理论模式研究进展及趋势分析[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2005,28(4):369-373.
Li R Z. Progress and trend analysis of theoretical methodology of water quality assessment[J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science, 2005, 28(4): 369-373.
[3] 陈群英. 广西廉州湾水质状况评价[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(2): 56-58.
Chen Q Y. Assessment on situation of water quality in Lianzhou Bay of Guangxi[J]. Marine Environmental Science, 2001, 20(2): 56-58.
[4] 柳娟,张宏科,覃秋荣. 2006 年夏季广西合浦海草示范区海水水质模糊综合评价[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(4): 335-337.
Liu J, Zhang H K, Qin Q R. Evaluation on seawater quality by fuzzy comprehensive evaluation method in Hepu Seagrass Demo Site, 2006 [J]. Marine Environmental Science, 2008, 27(4): 335-337.
[5] 雷富,陈宪云,陈默,等. 广西茅尾海夏季海水和表层沉积物中重金属污染现状及评价[J]. 广西科学, 2013, 20(3): 205-209.
Lei F, Chen X Y, Chen M, et al. Pollution assessment and evaluation of heavy metals in the sea water and surface sediments of Guangxi Maowei Sea in summer[J]. Guangxi Sciences, 2013, 20(3): 205-209.
[6] 姜发军,陈波,何碧娟,等. 2010 年夏季广西北部湾沿岸浮游植物分布特征及其与环境因子的相关性[J]. 广西科学, 2012, 19(4): 377-383.
Jiang F J, Chen B, He B J, et al. Distribution features and relation of phytoplankton with environment factors in the coastal water of Guangxi in summer 2010[J]. Guangxi Sciences, 2012, 19(4): 377-383.
[7] 姜发军,陈波,何碧娟,等. 广西钦州湾浮游植物群落结构特征[J]. 广西科学, 2012, 19(3): 268-275.
Jiang F J, Chen B, He B J, et al. Phytoplankton community in coastal waters of Qinzhou Bay in Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 2012, 19(3): 268-275.
[8] 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.
[9] 何斌源,邓朝亮,罗砚. 环境扰动对钦州港潮间带大型底

- 栖动物群落的影响[J]. 广西科学, 2004, 11(2): 143-147.
- He B Y, Deng C L, Luo Y. Effect of environmental fluctuation on macrobenthos community in the intertidal flats of Qinzhou Harbor[J]. Guangxi Sciences, 2004, 11(2): 143-147.
- [10] 范航清, 韦受庆, 何斌源, 等. 英罗港红树林缘潮水中游泳动物的季节动态[J]. 广西科学, 1998, 5(1): 45-50.
- Fan H Q, Wei S Q, He B Y, et al. The seasonal dynamics of nekton assemblages in mangrove-fringed tidal waters of Yingluo Bay[J]. Guangxi Sciences, 1998, 5(1): 45-50.
- [11] 孙军, 刘东艳, 钱树本. 一种海洋浮游植物定量研究分析方法: Utermohl 方法的介绍及其改进[J]. 黄勃海洋, 2002, 20(2): 105-112.
- Sun J, Liu D Y, Qian S B. A quantitative research and analysis method for marine phytoplankton: an introduction to Utermohl method and its modification[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 2002, 20(2): 105-112.
- [12] 国家海洋局. GB/T 12763—1991 海洋调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- National Bureau of Oceanography. GB/T 12763—1991 The specification for oceanographic survey[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 1991.
- [13] 国家海洋局. GB 17378—1998 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- National Bureau of Oceanography. GB 17378—1998 The specification for oceanographic survey[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 1998.
- [14] 葛仁英, 韩正玉, 邵明福, 等. 海阳港附近海域污染现状评价[J]. 海洋环境科学, 1997, 16(4): 26-31.
- Ge R Y, Han Z Y, Shao M F, et al. Assessment of marine pollution in Haiyang Harbour waters [J]. Marine Environmental Science, 1997, 16(4): 26-31.
- [15] 何雪琴, 温伟英, 何清溪, 等. 海南三亚湾海域水质状况评价[J]. 台湾海峡, 2001, 20(2): 165-170.
- He X Q, Wen W Y, He Q X, et al. Assessment of water quality in sea area of Sanya Bay, Hainan [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2001, 20(2): 165-170.
- [16] 孔繁翔. 环境生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 162-163.
- Kong F X. Environmental biology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 162-163.
- [17] 蔡立哲, 马丽, 高阳, 等. 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2002, 41(5): 641-646.
- Cai L Z, Ma L, Gao Y, et al. Analysis on assessing criterion for polluted situation using species diversity index of marine macrofauna[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2002, 41(5): 641-646.
- [18] 李永祺, 丁美丽. 海洋污染生物学[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 445-449.
- Li Y Q, Ding M L. Marine pollution biology[M]. Beijing: China Ocean Press, 1991: 445-449.

(责任编辑: 陈小玲)