

钦州湾一次海水异常监测与分析*

Monitoring and Analysis on a Seawater Anomaly in Qinzhou Bay

庄军莲, 姜发军, 柯珂, 许铭本, 张荣灿, 王一兵, 彭元, 陈波**

ZHUANG Jun-lian, JIANG Fa-jun, KE Ke, XU Ming-ben, ZHANG Rong-can, WANG Yi-bing, PENG Yuan, CHEN Bo

(广西科学院, 广西南宁 530007)

(Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要: 2011年4月12日在广西钦州湾海区出现海水异常现象的海域, 布设14个监测站位, 采集表层海水进行常规水质、浮游植物、细菌等参数监测分析。发现所有站位菱软几内亚藻(*Guinardia flaccida*)均为优势种, 异养细菌数量均大于 1.00×10^4 cfu/ml, 靠近三墩岛的4号站COD及活性磷酸盐含量超IV类海水水质标准, 异养细菌数量为 1.40×10^6 cfu/ml, 夜光藻(*Noctiluca scintillans*)为 1.54×10^8 cell/m³, 达到赤潮发生时的密度, 初步解释了海水异常现象。

关键词: 海水 监测 分析

中图分类号: Q178.53 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2011)03-0321-04

Abstract: In order to analyze the phenomenon of abnormal seawater in Guangxi Qinzhou Bay on April 12, 2011, we detected the conventional water quality parameters, plankton and bacteria of surface seawater which was gathered from 14 stations around the bay. The result showed that *Guinardia flaccida* was the dominant species in all stations, and the number of heterotrophic bacteria was over 1.00×10^4 cfu/ml; the consistency of COD and active phosphate was over the fourth category of Seawater Quality Standard and the number of heterotrophic bacteria was over 1.4×10^6 cfu/ml. The cell abundance of the *Noctiluca scintillans* amounted to 1.54×10^8 per cubic meters, which reached the density of red tide. These detection results preliminarily explained the phenomenon why the seawater had become abnormal.

Key words: seawater, monitoring, analysis

一般而言, 海水异常现象是指海洋环境发生了异于平常的现象, 比如出现海水变色、生物体异常以及其它的人们从感观上感知海水跟正常状况下不同的状态。海洋环境包括海水水质环境、海洋沉积物环境、海洋水文动力环境、海洋地形地貌与冲淤环境和海洋生态环境, 具有显著的综合性和复杂性, 因此, 海

水发生异常现象的原因也非常复杂。一旦发生海水异常, 如何及时跟踪监测并尽快准确判断异常现象的原因, 对科学决策尤为重要。

2011年4月在广西钦州湾海区出现了一次海水异常现象, 我们对此次异常现象进行了应急监测, 采集样品分析海水异常的原因, 探讨海水异常应急监测的方法, 以期今后相关研究提供背景资料及科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与分析方法

2011年4月6日, 根据群众反映和钦州海洋管理部门的现场巡查, 发现广西钦州湾海区海水出现异常, 表现为海水颜色变深, 局部暗沉, 甚至出现鱼死现

收稿日期: 2011-05-07

修回日期: 2011-06-10

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。

* 广西自然科学基金北部湾重大专项(2010GXNSFE013001), 广西科学院基本科研业务费项目(09YJ17HY02)资助。

** 通讯作者: 陈波(1953-), 男, 研究员, 主要从事海洋环境动力学研究。cbgxkxy@163.net。

象。4月12日我们受相关海洋管理部门委托,到海区现场进行监测采样,发现海区较大部分海域的海水暗沉,同时在三墩岛以南的附近海域发现宽4~5m的带状粉红色漂浮物区域及死鱼现象,粉红色漂浮物附近还观测到七八只中华白海豚在游弋,其余状况未发现异常。结合当时现场海水异常状况,按对照、控制、消减的原则,我们共布设14个监测站位(图1),用表层采水器采集各测站海水5L,同步监测各测站水深、温度、盐度、pH值、透明度、化学需氧量(COD)、溶解氧(DO)、叶绿素a、五项营养盐、浮游植物、石油类、异氧细菌等参数,异氧细菌的样品采集、保存和分析按文献[1]进行,其余样品的采集、保存和分析均按文献[2]的规范程序进行。

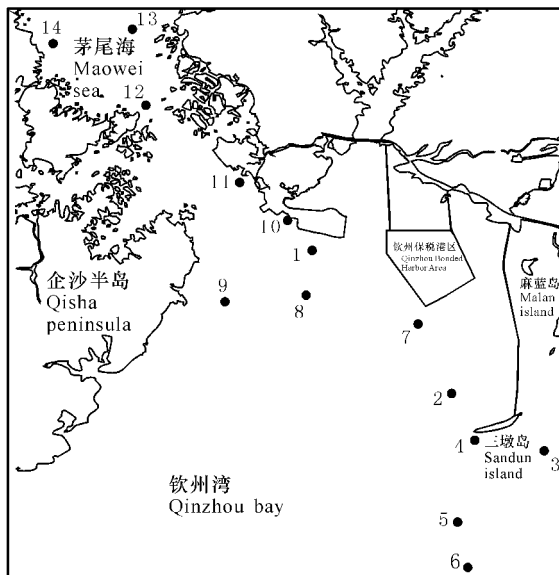


图1 监测站位

Fig. 1 Map of sampling stations

1~14为调查站位。1~14The position of the station.

1.2 评价方法

采用单因子标准指数法对水质环境进行评价。选择pH值、DO、COD、石油类、活性磷酸盐、无机氮为评价因子。标准指数的计算公式^[3]为: $S_{i,j} = c_{i,j} / C_i$, 式中 $S_{i,j}$ 是单项评价因子 i 在 j 站位的标准指数, $c_{i,j}$ 是单项评价因子 i 在 j 站位的实测值, C_i 是单项评价因子 i 的评价标准值。评价时采用《海水水质标准》(GB3097-1997)中的I类标准进行评价。DO标准指数采用以下公式^[3]计算: $S_{DO,j} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s)$, $DO_j \geq DO_s$; $S_{DO,j} = 10 - 9(DO_j / DO_s)$, $DO_j < DO_s$, 式中: $S_{DO,j}$ 是 j 站位的DO标准指数, DO_f 是现场水温及盐度条件下水样中氧的饱和含量(mg/L), 一般采用的计算公式是: $DO_f = 468 / (31.6 + T)$, T 为水温($^{\circ}C$), DO_j 是 j 站

位的DO实测值, DO_s 是DO的评价标准值。pH值其标准指数计算方法^[2]为: $Q_j = |2C_j - C_{o,upper} - C_{o,lower}| / (C_{o,upper} - C_{o,lower})$, 式中: Q_j 是 j 站位的pH值标准指数, C_j 是 j 站位的pH值实测值, $C_{o,upper}$ 是pH值评价标准值上限, $C_{o,lower}$ 是pH值评价标准值下限。叶绿素采用修正的营养状态指数(TSI_M)^[4]进行评价, $TSI_M = 10(2.46 + \ln(chla) / \ln 2.5)$, 式中 $chla$ 表示叶绿素a含量($\mu g/L$)。评价标准: $TSI_M \leq 37$ 为贫营养型; $37 < TSI_M \leq 53$ 为中营养型; $TSI_M > 53$ 为富营养型。异养细菌总数根据文献[2]中异养细菌总数评价等级表进行判断, 即当异养细菌总数分别为: $> 10^5$ 、 $10^4 \sim 10^5$ 、 $10^3 \sim 10^4$ 、 $10^2 \sim 10^3$ 、 $10 \sim 10^2$ cfu/ml 时, 对应的评价级别依次为严重污染、重污染、中污染、轻污染及清洁。

2 结果与分析

2.1 水文水质要素

监测期间海区水温为 $19.8 \sim 22.4^{\circ}C$, 平均值 $21.2^{\circ}C$; 盐度为 $22.564 \sim 30.454$, 平均值 27.534 ; pH值为 $7.693 \sim 8.214$, 平均值 8.086 ; 溶解氧值为 $6.95 \sim 10.48$ mg/L, 平均值 9.01 mg/L; COD值为 $0.76 \sim 5.66$ mg/L, 平均值 1.63 mg/L; 活性磷酸盐值为 $0 \sim 0.08$ mg/L, 平均值 0.01 mg/L; 亚硝酸盐值为未检出 ~ 0.01 mg/L, 平均值为 0 ; 硝酸盐值为 $0.01 \sim 0.14$ mg/L, 平均值 0.04 mg/L; 氨氮值为 $0 \sim 0.1$ mg/L, 平均值 0.03 mg/L; 硅酸盐值为 $0 \sim 0.20$ mg/L, 平均值 0.04 mg/L; 石油类为 $0.01 \sim 0.02$ mg/L, 平均值 0.01 mg/L。同时, 除三墩岛附近的4号站位无法监测到透明度外, 其余海水较暗沉的海域水质透明度为 $2 \sim 4$ m, 初步判断海水颜色变暗可能为非溶解性物质造成。

由海水水质评价结果(表1)可见, 除4号站位的pH值、COD以及活性磷酸盐, 保税港区附近7号站位的无机氮外, 其余站位的评价因子均满足I类海水水质标准要求, 其中4号站位的COD及活性磷酸盐含量超IV类海水水质标准。4号站位恰位于发现带状红色漂浮物的区域内, 说明此区域存在容易被还原的物质或生物体, 所以其COD值异常。

2.2 叶绿素a

由叶绿素a监测与分析结果(表2)可见, 不同监测站位的营养状况差别较大, 茅尾海茅岭江出口附近的14号站位的营养状态指数最大, 为52, 湾口处的6号站位营养状态指数最小, 仅为4。其中14、8、10、11、12、13号站位的营养状态指数为中营养型, 其余站位指数均为贫营养型。

表1 海水水质评价结果

Table 1 Evaluation results of seawater quality

站号 Station	pH 值 pH value	DO	COD	石油类 Petroleum	活性磷酸盐 Active phosphate	无机氮 Inorganic nitrogen
1	0.07	0.22	0.82	0.40	0.00	0.25
2	0.03	0.07	0.57	0.20	0.00	0.15
3	0.49	0.51	0.48	0.40	0.00	0.25
4	1.31	0.65	2.83	0.40	5.33	0.10
5	0.28	0.51	0.38	0.20	0.00	0.30
6	0.46	0.48	0.47	0.20	0.00	0.10
7	0.12	0.16	0.61	0.20	0.00	1.05
8	0.18	0.34	0.78	0.20	0.00	0.25
9	0.06	0.50	0.69	0.20	0.00	0.20
10	0.07	0.21	0.73	0.20	0.00	0.25
11	0.17	0.19	0.86	0.40	0.00	0.20
12	0.10	0.55	0.69	0.40	0.00	0.45
13	0.43	0.36	0.67	0.20	0.00	0.90
14	0.21	0.52	0.82	0.40	0.67	0.85

表2 叶绿素 a 监测与分析结果

Table 2 Monitoring results of chlorophyll a

站号 Station	叶绿素 a 含量 Contents of chlorophyll a ($\mu\text{g/L}$)	TSI _M Trophic state index	评价等级 Evaluation level
1	1.07	25	贫营养型 Dystrophic
2	1.08	25	贫营养型 Dystrophic
3	0.25	9	贫营养型 Dystrophic
4	0.83	23	贫营养型 Dystrophic
5	0.31	12	贫营养型 Dystrophic
6	0.15	4	贫营养型 Dystrophic
7	1.05	25	贫营养型 Dystrophic
8	8.28	48	中营养型 Mesotrophic
9	1.61	30	贫营养型 Dystrophic
10	5.75	44	中营养型 Mesotrophic
11	7.45	47	中营养型 Mesotrophic
12	6.35	45	中营养型 Mesotrophic
13	7.79	47	中营养型 Mesotrophic
14	12.73	52	中营养型 Mesotrophic

2.3 浮游植物

采集到的浮游植物有 2 大类 13 属 23 种。以硅藻门为主, 有 19 种, 占总种数的 82.6%; 甲藻门 4 种, 占总种数的 17.4%。浮游植物个体数量分布为 $1.15 \times 10^7 \sim 5.34 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$, 其中位于鹿耳环江出口处的 3 号站位的个体数量最少, 位于茅尾海茅岭江出口附近的 14 号站位的个体数量最大。硅藻个体数量分布为 $1.02 \times 10^7 \sim 5.09 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$, 最靠近湾外的 6 号站位的个体数量最少, 14 号站位个体数量最大, 其中菱软几内亚藻 (*Guinardia flaccida*) 数量达到 $2.98 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$; 甲藻个体数量分布分布为 $0 \sim 1.56 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$, 其中 5 号站位和 13 号站位没有观测到甲藻, 4 号站位夜光藻 (*Noctiluca scintillans*) 个体数量最大, 为 $1.54 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$, 其颜色为粉红色, 这也是采样现场观察到海水出现粉红色带状漂浮物的原因。

调查中, 所有站位菱软几内亚藻均为优势种, 该种在各站中所占比例范围为 36% ~ 96%, 平均为广西科学 2011 年 8 月 第 18 卷第 3 期

71%。在个别站位出现的优势种还有斯托根管藻 (*Rhizosolenia stoltorfothii*)、柔弱根管藻 (*Rhizosolenia delicatula*)、夜光藻。

2.4 异养细菌

由表 3 可见, 海域异养细菌数量均大于 $1.00 \times 10^4 \text{ cfu/ml}$, 达到重污染级别以上, 其中以 4 号站异养细菌数量较为异常, 为 $1.40 \times 10^6 \text{ cfu/ml}$, 达到严重污染级别, 说明调查海域的异养细菌数量较多, 调查海区各站位有机质含量丰富。

表3 异养细菌总数监测结果

Table 3 Monitoring results of total number of heterotrophic bacteria

站号 Station	异养细菌数量 Total number of heterotrophic bacteria (cfu/ml)	评价等级 Evaluation level
2	1.70×10^4	重污染 Heavy pollution
3	2.00×10^4	重污染 Heavy pollution
4	1.40×10^6	严重污染 Serious pollution
5	2.98×10^4	重污染 Heavy pollution
6	1.28×10^4	重污染 Heavy pollution
7	2.00×10^4	重污染 Heavy pollution
8	1.60×10^4	重污染 Heavy pollution
9	2.04×10^4	重污染 Heavy pollution
10	1.12×10^4	重污染 Heavy pollution
11	1.56×10^4	重污染 Heavy pollution
12	3.40×10^4	重污染 Heavy pollution
13	1.30×10^4	重污染 Heavy pollution
14	2.00×10^4	重污染 Heavy pollution

3 讨论

3.1 海区浮游植物异常原因分析

调查海区的主要优势藻种为菱软几内亚藻, 同时还伴随有根管藻和夜光藻生长。菱软几内亚藻是近海、南温带种类, 外洋也有, 常出现在暖海, 可以作为暖流指标, 细胞直径 $42 \sim 90 \mu\text{m}$ ^[5,9]。夜光藻属甲藻门的夜光藻科, 藻体无色或蓝绿色, 有时中央为黄色, 许多个体聚集时呈粉红色^[7], 其个体大小为 $340 \sim 2200 \mu\text{m}$ ^[8]。位于茅尾海区茅岭江出口附近的 14 号站的菱软几内亚藻数量最大, 达 $2.98 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$, 濒临菱软几内亚藻爆发赤潮的临界值 $3.00 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$; 位于三墩岛附近的 4 号站的夜光藻数量最大, 为 $1.54 \times 10^8 \text{ cells/m}^3$, 已超过赤潮发生的密度 $3.00 \times 10^7 \text{ cells/m}^3$, 可以判定 4 号站位发生了夜光藻赤潮。夜光藻赤潮在我国的许多近岸海域比较普遍, 不同海区适合的生长水温不同, 南海海区夜光藻的适宜生长水温一般为 $19 \sim 22 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[9], 4 月 12 日现场监测的水温范围恰在此范围内。夜光藻缺乏自营养方式, 靠吞噬其他浮游植物和菌类生存和繁殖^[10], 主要扮演捕食者的角色, 因此夜光藻赤潮一般会伴随其他赤潮藻类增殖现象的发生。我们以往在此海域的调查中, 菱软几内亚藻和夜光藻从未成为优势藻种, 这次

出现的夜光藻赤潮伴生菱软几内亚藻的现象还未见有报道。据我们调查,3月底至4月初短短几天时间内,湾内水温就由15℃上升到20℃左右,加上4月的第一周内钦州湾海区恰逢半日潮期,不利于湾内海水交换。湾内的浮游硅藻菱软几内亚藻遇到适宜的水文气象及营养盐条件而大量繁殖聚集,而且不容易受到外海水的稀释,也为同样适宜在此水温下生长繁殖的夜光藻提供了丰富的饵料,则造成局部海域夜光藻暴发性增殖而产生赤潮。

3.2 海水颜色变暗及其它异常现象的原因分析

陈彩香^[1]曾报道,1980年5月17日至5月23日湛江港内250km²水域的海水突然变黑,透明度从正常的3m降至0.5m,水中的悬浮物急剧增加,监测分析当时的异常状况与菱软几内亚藻急剧增殖引发赤潮有关。这与本次钦州湾海水异常现象有相似之处,在我们的监测中,也发现钦州湾内海水大面积暗沉,且所有站位的菱软几内亚藻均为优势种,因此我们认为钦州湾内海水变暗的原因可能是由于菱软几内亚藻大量增殖造成,不过本次监测中仅发现局部站位发生了夜光藻赤潮,尚未能判断海区是否发生菱软几内亚藻赤潮。

本次监测中,在观测到夜光藻赤潮的站位附近还同时观察到中华白海豚的出没现象。由于夜光藻赤潮发生的同时伴随菱软几内亚藻的大量繁殖,一方面可能因夜光藻数量增殖耗氧使邻近鱼类活动性降低甚至死亡,另一方面可能因为作为鱼类饵料的硅藻增殖引起鱼类数量增加,从而吸引白海豚来海区捕食,因而在湾内也观察到平时较罕见的中华白海豚。

3.3 钦州湾海水异常应急监测方法及内容分析

本次监测通过调查分析海区的水文气象、表层海水水质、浮游植物和细菌数量,发现海水异常是由于两种海洋浮游植物大量增殖造成,较好地解释了此次钦州湾海水异常现象。另外,本次海水异常现象的发生,不排除与湾内污染,尤其是营养盐状况有关。三墩附近的4号站位监测到夜光藻赤潮的同时,发现海水中活性磷酸盐含量超过IV类海水水质标准,超标原因尚待进一步研究。但结合此前我们对钦州湾海区的调查,在钦州湾茅尾海出海口及勒沟河口附近,均监测到活性磷酸盐超III类海水水质标准现象,因此,应将污染因子活性磷酸盐作为钦州湾海洋环境监测的重要监控因子。一般而言,单次监测难以追溯海水异常现象的起因。本次海水异常现象始于群众报告及常规的海事巡查,与海洋水色的变化有密切关系。海洋水色是人类感观较容易判断的表征海洋环境的重要要素,也是鉴别水质的重要参数,它与海水的化

学成分、物理性质、海洋动力状态,尤其与海水中的悬浮物、浮游生物和有色可溶性物质等具有极密切的关系^[12]。目前可以通过遥感等技术实现快速、同步、大范围海域的海洋水色监测,因此建议将遥感技术作为海区内环境监测、预报的重要手段。同时,当海水出现异常状况时,应尽可能对水文气象、海水水质、海洋沉积物和海洋生物等状况进行全面的监测分析,方可更准确地判断海水异常现象的原因及生消状态。

近年来,北部湾经济区开放开发步伐不断加快,对海洋资源的开发利用日益深化,北部湾沿海近岸尤其广西三大港湾内海洋环境受到的扰动也越发剧烈,北部湾海区相对水深较浅,水循环能力不强,海水净化速度较慢,海洋生态环境相对脆弱,容易受到污染出现海水异常。虽然此次海水异常现象在随后的几天内逐渐消失,造成的渔业资源损失也不严重,但是这次事件敲响了环境异常的警钟,建议有关部门加强对钦州湾海域海洋环境的长期持续监测,及时发现污染源,尽可能从源头上遏制或减轻人类生产、生活对海洋环境的影响及破坏。

致谢:

样品分析工作还有邱绍芳、雷富、高程海、董德信等同志参与完成,作者谨此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 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(GB17378.5-2007)[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [2] 国家海洋局.海水增养殖区监测技术规程[Z].北京:国家海洋局,2002.
- [3] 国家环境保护局.环境影响评价技术导则地面水环境(HJ/T2.3-1993)[S].北京:中国环境科学出版社,1995.
- [4] 王明翠,刘雪芹,张建辉.湖泊富营养化评价方法及分级标准[J].中国环境监测,2002,18(5):47-50.
- [5] 金德祥,陈金环,黄凯歌.中国海洋浮游硅藻类[M].上海:上海科学技术出版社,1965:69.
- [6] 郭皓.中国近海赤潮生物图谱[M].北京:海洋出版社,2004:57.
- [7] 山东海洋学院.海藻学[M].北京:农业出版社,1961:67.
- [8] 陆斗定, J Gobel, 王春生,等.浙江海区赤潮生物监测与赤潮实时预测[J].东海海洋,2010,18(2):33-44.
- [9] 梁松,张展霞,李锦蓉,等.大鹏湾环境与赤潮的研究[M].北京:海洋出版社,1996.
- [10] 郗艳娟,吴新民,郑向荣,等.赤潮生物夜光藻及其相关海水理化因子研究[J].河北渔业,2010(8):44-46.
- [11] 陈彩香.菱软几内亚藻与湛江港水质污染关系的初步探讨[J].湛江水产学院学报,1981(1):93-96.
- [12] 张绪琴.渤海、黄海和东海的水色分布和季节变化[J].黄渤海海洋,1989,7(4):39-45.

(责任编辑:邓大玉)