

# 赤潮的分类分级标准及预警色设置

江天久<sup>1,2</sup>, 佟蒙蒙<sup>1</sup>, 齐雨藻<sup>1,2</sup>

(1. 暨南大学理工学院环境工程系, 广州 510632; 2. 华南师范大学生命科学技术学院, 广州 510632)

**摘要:** 为便于赤潮信息的发布、统计和管理, 依据我国赤潮发生的特点初步制定了我国赤潮的分类分级及预警色划分的标准。根据形成赤潮的生物种类特性及其对人类健康和近岸水产养殖的影响, 将我国赤潮分为有毒赤潮、鱼毒赤潮、有害赤潮和无害赤潮 4 种类型, 考虑到我国沿海赤潮发生面积和持续时间相差巨大, 将我国赤潮分为大型、中型和小型 3 个级别。由此, 将我国赤潮分为 12 种, 并依次用不同颜色和符号代表之, 以利于在媒体上发布。在此基础上, 制定了不同类型赤潮的预警机制和管理措施, 为赤潮防灾减灾工作提供参考。

**关键词:** 赤潮分类; 赤潮分级; 预警色; 预警机制

文章编号: 1009-0933(2006)06-2035-06 中图分类号: Q179.1, Q938.8, X55 文献标识码: A

## Colors for early warning of harmful algal blooms and hazard classification and grading

JIANG Tian-Jiu<sup>1,2</sup>, TONG Meng-Meng<sup>1</sup>, QI Yu-Zao<sup>1,2</sup> (1. College of Science and Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632; 2. College of Life Science and Technology, South China Normal University, Guangzhou 510632, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 2035~ 2040.

**Abstract:** Statistics of red tides and its real time information promulgated by the relevant national office bring difficulties into red tides studies and cognition by the public due to lacking the maneuverable uniform information standard. Generally, the public pay more attention to the characteristics of red tides impacts, and its sizes, when HABs outbreaks. In order to facilitate the data statistics and management of HABs disaster as well as uniform its information publication, present paper combined historical data and state-of-arts HABs status in Chinese coast so as to build up a system for early warning of HABs and its hazard classification and grading according to the characteristics of HABs. The results of this study revealed that HABs in China can be divided into four types based on the characteristics of HABs causative species and the effects of HABs on the human health and mariculture. They are: toxic species, fish-killed species, harmful species and unhamful species. Toxic species which causes human illness includes *Alexandrium catenella*, *A. tamarense*, *A. minutum*, *Gymnodinium catenatum*, *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *D. rotundata*, *Prorocentrum lima*, *Karenia brevis*, *Pseudo-nitzschia multiseries*, *P. pseudodelicatissima*, *Gambierdiscus toxicus*, etc. Fish-killed species which has implication to mass mortality of marine fish-caged organisms contains *Karenia mikimotoi*, *Phaeocystis globosa*, *Chattonella marina*, etc. Harmful species includes *Chaetoceros* spp, *Noctiluca scientillans*, etc. Some of these organisms are not toxic but cause marine products die because of suffocation. Unharmful species which is non-toxic includes *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus* spp., *Mesodinium rubrum*, etc. In addition, accounting for the large differences in sizes and their duration, HABs can be divided into three grades of large, middle and small. Their sizes are: larger than 1000km<sup>2</sup>, between 1000km<sup>2</sup> to 100km<sup>2</sup>, and smaller than 100km<sup>2</sup>, respectively. Thus, HABs occurred in Chinese coast can be clarified as 12 degrees and indicated by different colors and signs in order to facilitate publication by media. Further, the aims to mitigate HABs disaster and protect human health can be achieved by establishing the early warning system and last-up management

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(2001CB409709)

收稿日期: 2005-11-15; 修订日期: 2006-03-25

作者简介: 江天久(1964~), 男, 湖北人, 副研究员, 主要从事水污染生态和海洋生物毒素研究. E-mail: tjiangtj@jnu.edu.cn

**Foundation item:** The project was supported by National Basic Research Program of China (No. 2001CB409709)

**Received date:** 2005-11-15; **Accepted date:** 2006-03-25

**Biography:** JIANG Tian-Jiu, Associate professor, mainly engaged in water pollution ecology and marine biologic toxin. E-mail: tjiangtj@jnu.edu.cn

measure for these different kinds of HABs.

**Key words:** classification and grading of HABs; early warning color; early warning mechanism

在我国政府相关部门已发布的赤潮统计资料及赤潮发生时向大众发布的相关信息中,由于缺少可操作性的统一标准,为赤潮的研究和公众正确认识 and 了解赤潮带来一定的困难。就赤潮研究而言,赤潮发生的时间、地点、面积、引发藻种和环境圈(温度、盐度、营养盐等)以及赤潮造成的海洋生物死亡情况和经济损失等方面的资料无疑是十分重要的,而在公众信息发布方面,赤潮发生的性质(即所发生的赤潮是否含有毒素)和规模则是比较重要的信息。我国目前尚未建立较健全的赤潮监测网络,不可能对每一次发生的赤潮进行详细的监测和调查,赤潮信息的媒体发布重点在于简单、明了和醒目。因此,为便于我国赤潮灾害的数据统计和管理,统一全国赤潮灾害的信息发布,笔者结合我国赤潮发生的历史现状和我国的实际情况,从保护近岸水产养殖和人们身体健康的角度,初步建立起我国赤潮的分类分级标准及相应的预警色和符号,并探讨了对各类赤潮拟采取的应急措施,以达到减少赤潮灾害损失和保障人们身体健康的目的。

## 1 赤潮的分类分级依据

### 1.1 赤潮的分类依据

依据赤潮的成因、发生海域、范围、频率及引发赤潮的生物种类等方面,不同专业领域的研究人员从不同角度对赤潮灾害的分类作了很多有益的探索,如张有份将赤潮灾害分为有毒赤潮和无毒赤潮,外来型和原发型赤潮,单相型、双向型和复合型赤潮等<sup>[1]</sup>。

齐雨藻根据赤潮藻有无毒性,将赤潮分为无毒的赤潮,有毒的赤潮和对人无害但对鱼类及无脊椎动物有害的赤潮3类,根据赤潮发生海域将赤潮分为河口、近岸、内湾型,外海(或外洋)型,外来型和养殖区型赤潮等4类<sup>[2]</sup>。

赵冬至等依据赤潮发生的空间位置、营养物质来源以及水动力条件,将赤潮划分为河口型、海湾型、养殖型、上升流型、沿岸流型、外海型6种赤潮类型<sup>[3]</sup>。

Fukuyo 将赤潮分为有害赤潮和有毒赤潮两大类<sup>[4]</sup>。

但上述的分类方法,较多侧重于赤潮的学术研究,而忽视了赤潮对海洋渔业的破坏影响力,因此,为了便于在赤潮爆发时,有效预警赤潮灾害及赤潮结束后评估其经济损失情况,根据赤潮原因种的性质及对养殖水体的破坏程度,将赤潮分为4类,并对其相关赤潮原因种及其分类依据进行分析。

**1.1.1 无害赤潮** 无害赤潮,是指海洋中某些赤潮藻数量增加的自然现象,引起赤潮的生物种对养殖的水产品和人类没有毒性,一般对海洋生物没有不利影响,甚至由于这些藻类数量的适量增加会促进养殖水产品的增长。在此值得注意的是,赤潮的发生是典型的海洋生态失衡的结果,赤潮发生时肯定会对海洋中其它生物的生长造成或多或少的影响。这里的“无害”主要是针对养殖的水产品和人类的健康而言。

大部分的硅藻赤潮都是无毒无害的<sup>[2]</sup>,如中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)赤潮是我国长江口一种常见的赤潮,东海长江口近年曾多次发生,在南海也常有发生,发生时对养殖鱼类没有多大影响。

我国部分海域发生的圆筛藻(*Coscinodiscus* spp.)、红色中缢虫(*Mesodinium rubrum*)赤潮,均属此类。此类赤潮虽无毒且不造成渔业损失,但会对滨海浴场的游客产生危害,影响旅游业。

**1.1.2 有害赤潮** 有害赤潮,是指引发赤潮的藻类本身没有毒性,但由于赤潮藻的机械性窒息作用或赤潮生物在死亡分解时产生大量对养殖生物有毒的物质并同时消耗水体中溶解氧,造成养殖生物大量死亡。硅藻中某些种类的长刺可破坏鱼鳃,使鱼类窒息致死,如角刺藻属的种类(*Chaetoceros* spp.)。一些呈胶团状的赤潮生物可粘附于鱼鳃上,引起鱼鳃气体交换能力减弱,最后因机械性窒息死亡。

赤潮生物的死亡分解,一方面大量消耗水体中的氧,另一方面还放出硫化氢和甲烷等对鱼类有害的物质,从而进一步导致鱼类大量死亡。如夜光藻(*Noctiluca scintillans*)赤潮,其本身不含毒素,但大量繁殖并发生赤潮时胶质状的藻体会黏附于鱼鳃,导致鱼类和其他海洋动物窒息死亡,这种赤潮在我国最为普遍,约占赤潮总

数的50%。据统计,它们造成鱼类死亡危害比例为1/10以下(多为5%左右)<sup>[5]</sup>。

**1.1.3 鱼毒赤潮** 鱼毒赤潮,是指对人无害,但对鱼类及无脊椎动物有毒的赤潮。这类赤潮生物能产生对鱼类毒性极强的毒素,可在短时间内(一般不超过12h)造成大量养殖的鱼类死亡。但此类赤潮毒素尚无对人类造成危害的报道。如米氏凯伦藻(*Karenia mikimotoi*)赤潮、球形棕囊藻(*Phaeocystis globosa*)赤潮和海洋卡盾藻(*Chattonella marina*)赤潮等,这些藻类可以产生溶血性毒素或其它可导致鱼类死亡的鱼毒,致鱼死亡。

1998年在香港海域、珠海桂山岛、深圳大鹏湾南澳海域发生的大规模米氏凯伦藻赤潮和2005年6月浙江南麂列岛海域发生的米氏凯伦藻赤潮,都造成大量养殖的鱼类死亡,损失分别达4亿和3千多万元。

**1.1.4 有毒赤潮** 有毒赤潮,这类赤潮可产生赤潮毒素,其毒素可通过食物链在水产品中积累,当人类误食染毒的水产品后引起消化系统或心血管和神经系统中毒。这些毒素包括:麻痹性贝毒(PSP),产生麻痹性贝毒素的肇事藻类有链状亚历山大藻(*Alexandrium catenella*)、塔玛亚历山大藻(*A. tamarense*)、微小亚历山大藻(*A. minutum*)、链状裸甲藻(*Gymnodinium catenatum*)等。腹泻性贝毒(DSP),产生腹泻性贝毒素的赤潮藻类主要是尖鳍藻(*Dinophysis acuta*)、渐尖鳍藻(*D. acuminata*)、圆鳍藻(*D. rotundata*)、利马原甲藻(*Prorocentrum lima*)等。神经性贝毒(NSP),主要由甲藻中的短凯伦藻(*Karenia brevis*)产生。记忆缺失性贝毒(ASP),产生这类毒素的赤潮藻种类为多列拟菱形藻(*Pseudo-nitzschia multiseries*)和伪柔弱拟菱形藻(*P. pseudodelicatissima*),它们多为硅藻中拟菱形藻属的一些种类。西加鱼毒(CFP),它由某些有毒的底栖或附着甲藻产生,如有毒冈比亚藻(*Gambierdiscus toxicus*)等。

## 1.2 赤潮的分级依据

灾变等级和灾度等级是灾害分等定级的两个重要内容<sup>[6]</sup>。前者是从灾害的自然属性方面反映自然灾害的活动强度或活动规模,后者则是根据灾害破坏损失程度反映自然灾害的后果。这里提到的分级依据就是灾变等级。赵玲等根据对我国多年赤潮发生的规模(面积)、造成的经济损失、贝毒对人体健康影响等方面的统计,将灾害等级定为5级,其中根据面积的划分为:单次赤潮面积分别在1000 km<sup>2</sup>以上、500~1000 km<sup>2</sup>、100~500 km<sup>2</sup>、50~100 km<sup>2</sup>和低于50 km<sup>2</sup>的,分别定为特大、重大、大、中和小型5种类型赤潮<sup>[7]</sup>。

根据对我国20世纪80年代以来发生赤潮的不完全统计,记录赤潮593次,其中面积≤100 km<sup>2</sup>的赤潮灾害次数为265次,占总数的44.7%;100 km<sup>2</sup><面积≤1000 km<sup>2</sup>的赤潮灾害有98次,占总数的16.5%;面积大于1000 km<sup>2</sup>的赤潮灾害有47次,占总数的7.9%;面积不详的为183次,占总数的30.9%。可见,我国赤潮发生多以小型为主,且三级赤潮等级已足以显示出我国赤潮灾害发生的特点。因此,为了加强赤潮的监视监测措施,便于赤潮灾害的管理和统计,简化赤潮灾害等级,本文将赤潮分为大、中和小型3种类型,其面积为:单次赤潮面积分别在1000 km<sup>2</sup>以上、100~1000 km<sup>2</sup>和低于100 km<sup>2</sup>。

## 1.3 赤潮的分类分级标准

综合上述赤潮藻产毒特性和发生面积两个方面因素,并结合我国多年来赤潮发生的相关统计资料,将赤潮分为12类(表1)。用字母数字R1、R2、R3和R4代表赤潮类型分别为有毒、鱼毒、有害和无害,用字母数字A、B和C表示赤潮发生的等级分别为大型、中型和小型赤潮。

表1 赤潮灾害的分类分级及预警色和预警图

Table 1 Classifications, grades, early-warning colors and patterns of red tides

类型 Type	大型赤潮 Large grade red tide A	中型赤潮 Middle grade red tide B	小型赤潮 Small grade red tide C
有毒赤潮 R1 Toxic species 红色 Red alarm			
鱼毒赤潮 R2 Fish-killed species 橙色 Orange alarm			
有害赤潮 R3 Hamful species 黄色 Yellow alarm			
无害赤潮 R4 Unhamful species 绿色 Green alarm			

## 2 赤潮的预警色和预警图案


为了在赤潮发生时能及时用醒目易懂的方式对大众进行预警(如在电视报纸等媒体及游泳场发布赤潮预警),用赤潮预警色和预警图案分别代表不同的赤潮类型和级别。根据赤潮灾害的灾变等级,及公众对赤潮颜色的敏感程度,用蓝色底色表示海洋,分别用颜色红、橙、黄和绿色的线条表示赤潮种类,用“~”线条的多少表示赤潮发生面积的大小,但本文由于版面的限制,采用黑白底色图案对各种等级进行表示。底面是交叉线,表示红色预警;底面是横线,表示橙色预警;底面是点,表示黄色预警;底面为空白,表示绿色预警(表1)。

## 3 赤潮的分类分级及预警色的划分在实际中的应用

根据上述对我国赤潮的分类分级及预警色的划分标准,对我国已经发生的部分赤潮重新进行分类统计和预警色图标注(表2),作为该标准在实际中应用的实例。数据来源于与赤潮有关的研究文献<sup>[8-10]</sup>。

表2 赤潮记录统计摘录(1980~2005年)

Table 2 Records for main red tide events between 1980 and 2005

时间 Time	地点 Station	面积(km <sup>2</sup> ) Size(km <sup>2</sup> )	生物种 Species	图例 Patterns
1988-12	大鹏湾沿岸 Coast of Dapeng Bay, Guangdong	600	夜光藻 <i>Noctiluca scintillans</i>	 BR3
1991-03	大鹏湾盐田 Yantian, Dapeng Bay, Guangdong	2000	海洋卡盾藻 <i>Chattonella marina</i>	 AR2
1998-03~04	珠江口、广东东部和香港海域 Zhujiang estuary, east of Guangdong and Hongkong	> 1000	米氏凯伦藻 <i>Karenia mikimotoi</i>	 AR2
1999-07-26	青岛市小麦岛附近海域 Xiaomai Island, Qingdao, Shandong	60	红色中缢虫 <i>Mesodinium rubrum</i>	 CR4
2002-06-04~13	深圳西部的赤湾港至桂山岛海域 Chiwan Port, west of Shenzhen to Guishan Island, Guangdong	500	中肋骨条藻及无纹环沟藻 <i>Sketonea costatum</i> and <i>Gyrodinium instriatum</i>	 BR4
2003-05-30~06-18	福建省罗源湾附近海域 Luoyuan Gulf, Fujian	30	裸甲藻 <i>Gymnodinium</i> sp	 CR1
2004-05-19	浙江温岭石塘镇 Shitang, Wenling, Zhejiang	≈ 2500	东海原甲藻 <i>Prorocentrum donghaiense</i>	 AR3

## 4 不同类型赤潮的应急措施

赤潮灾害的预警与防灾减灾工作涉及海洋与渔业、环保、旅游、外事、新闻、卫生防疫和动植物检疫等各个部门,根据赤潮发生的特点制定相应的应急措施是减轻赤潮灾害损失的重要基础,我国沿海的各级相关部门也制定了一些应对赤潮灾害的具体措施,多位学者从专业的角度出发也提出了赤潮灾害的防治对策<sup>[11-15]</sup>。由于这些应对措施大多是建立在未对赤潮进行分类分级的基础上,因而在执行上存在一定的盲目性。为此,依据上述对赤潮进行的分类分级,初步提出主要应急措施。

### 4.1 一级应急措施(红色预警色)

当对大众生命有强致害致死作用的有毒赤潮爆发时,启动一级应急措施。应急措施包括:

- (1) 赤潮发生区域内的行政领导小组,协调各相关职能部门对赤潮毒素危害的监控和相关信息的及时准确发布。
- (2) 成立一支由专业人员组成的赤潮监测队伍。对有毒赤潮进行跟踪监测和毒素的分析测定。
- (3) 严格禁止赤潮海域的海产品捕捞和上市销售,做好养殖户的宣传教育工作,确定养殖区的关闭和重新开放时间。
- (4) 在电视等相关媒体上加挂表 1 中红色预警图案。

#### 4.2 二级应急措施(橙色预警色)

当对养殖鱼类有强致死作用的鱼毒赤潮爆发时,启动 2 级应急措施。应急措施包括:

- (1) 成立区域协调小组,对鱼毒赤潮可能的移动方向进行及时通报。
- (2) 成立专业的赤潮监测队伍,进行赤潮的跟踪监测,并向养殖户传授相应的减少养殖损失的技术。
- (3) 做好赤潮灾害损失的评估工作,以利灾后渔业生产的恢复。
- (4) 在电视等相关媒体上加挂表 1 中橙色预警图案。

#### 4.3 三级应急措施(黄色预警色)

当对近岸养殖生物有一定的致死致害作用的赤潮爆发时,启动 3 级应急措施。应急措施包括:

- (1) 组建专业的赤潮监测队伍进行赤潮的跟踪监测,及时通报赤潮生物种类的变化,注意赤潮水体中溶氧的变化,向养殖户传授相应的减轻赤潮危害技术。
- (2) 在电视等相关媒体上加挂表 1 中黄色预警图案。

#### 4.4 四级应急措施(绿色预警色)

当爆发赤潮的生物种类是对大众和养殖的水产品无毒无害时,启动 4 级应急措施。措施主要包括:

- (1) 组建专业的赤潮监测队伍进行赤潮的跟踪监测,及时通报赤潮生物种类的变化。
- (2) 在泳滩等地设立绿色图案预警标志。

我国现在已进入了一个赤潮高发期。1980~2004 年,我国赤潮灾害共记录 689 起,其中 2000~2004 年就记录发生了 399 起,赤潮灾害的发生范围已遍及我国四大海区。基于赤潮对人类身体健康和水产养殖业的影响建立的赤潮分类分级及预警色的方案,可极大的方便赤潮灾害的管理和信息的发布,在减轻我国赤潮危害中发挥一定的作用。

#### References:

- [ 1 ] Zhang Y F. 100 questions on oceanic red tide. Beijing: Ocean Press, 2000. 1~ 20.
- [ 2 ] Qi Y Z. Red tide along Chinese sea. Beijing: Science Press, 2003. 1~ 3.
- [ 3 ] Zhao D Z, Zhao L, Zhang F S. Type of formation, distribution and temporal trend of red tides occurred in the China Sea. Marine Environmental Science, 2003, 22(3): 7~ 11.
- [ 4 ] Y. Fukuyo. Harmful algal blooms in Japan: Japanese perspective. IOG-FAO/IPHAB-I/3, 1992, 6: 17~ 21.
- [ 5 ] Lu S H, Qi Y Z. Red tide in China: Cases, harmful effects, and prevention. In: Zhang L M ed. Research and prevention of red tide in China. Beijing: Ocean Press, 2005. 1~ 7.
- [ 6 ] Gao Q H, Zhang Y C. Study on the standardization of natural disaster's statistics. Beijing: Ocean Press, 1997.
- [ 7 ] Zhao L, Zhao D Z, Zhang X Y, et al. Spatial and temporal distribution of harmful algae blooms and hazard grading in China. Marine Environmental Science, 2003, 22(2): 16~ 19.
- [ 8 ] Qi Y Z. Red tide. Guangzhou: Guangdong Science Press, 1999. 26~ 31.
- [ 9 ] Zhang H L, Zhang A J. The research on occurrence characteristics of red tide in Bohai Sea. In: Zhang L M ed. Research and prevention of red tide in China. Beijing: Ocean Press, 2005. 72~ 77.
- [ 10 ] State Oceanic Administration of China. Year Report of China Marine Environment (2000~2004). 2005.
- [ 11 ] Rhodes L L, Mackenzie A L, Kaspar H F, et al. Harmful algae and mariculture in New Zealand. ICES Journal of Marine Science, 2001, 58: 398~ 403.
- [ 12 ] Feng J F, Wang H L, Sun J. Present Research Condition and Outlooks of the Red tide forecast in Bohai Sea. Meteorological, Hydrological and Marine

Instruments, 2004, 1: 10~ 14.

- [ 13] Yu Z M, Cao X H. Harmful algal blooms in Chinese coast during the period of 9th Five-Year and review on HABs mitigation. *Journal of safety and environment*, 2002, 2( 6): 15~ 17.
- [ 14] Huang F M, OU Y F. The main marine disasters and its prevention and mitigation in Fujian Coast. *Fujian Geography*, 2002, 17(1): 15~ 18.
- [ 15] Guan D M, Zhan X W. Red tide disaster in coastal waters of China and its prevention suggestions. *Marine Environmental Science*, 2003, 22( 2): 60~ 63.

#### 参考文献:

- [ 1] 张有份. 海洋赤潮知识100问. 北京: 海洋出版社, 2000. 1~ 20.
- [ 2] 齐雨藻. 中国沿海赤潮. 北京: 科学出版社, 2003. 1~ 3.
- [ 3] 赵冬至, 赵玲, 张丰收. 我国海域赤潮灾害的类型、分布与变化趋势. *海洋环境科学*, 2003, 22( 3): 7~ 11.
- [ 5] 吕颂辉, 齐雨藻. 中国的赤潮、危害、成因和防治. 见: 张利民主编. 中国赤潮研究与防治. 北京: 海洋出版社, 2005. 1~ 7.
- [ 6] 高庆华, 张业成. 自然灾害灾情统计标准化研究. 北京: 海洋出版社, 1997.
- [ 7] 赵玲, 赵冬至, 张昕阳等. 我国有害赤潮的灾害分级与时空分布. *海洋环境科学*, 2003, 22( 2): 16~ 19.
- [ 8] 齐雨藻. 赤潮. 广州: 广东科技出版社, 1999. 26~ 31.
- [ 9] 张洪亮, 张爱君. 渤海海区赤潮发生特点的研究. 见: 张利民主编. 中国赤潮研究与防治. 北京: 海洋出版社, 2005, 72~ 77.
- [ 10] 国家海洋局. 海洋公告( 2000~ 2004). 2005.
- [ 12] 冯剑丰, 王洪礼, 孙景. 渤海赤潮预测的研究现状及展望. *气象水文海洋仪器*. 2004, 1: 10~ 14.
- [ 13] 俞志明, 曹西华. “九五”期间中国沿海有害赤潮灾害状况及其防治对策. *安全与环境学报*. 2002, 2( 6): 15~ 17.
- [ 14] 黄发明, 欧阳芳. 福建沿海主要海洋灾害与防灾减灾对策. *福建地理*, 2002, 17( 1): 15~ 18.
- [ 15] 关道明, 战秀文. 我国沿海水域赤潮灾害及其防治对策. *海洋环境科学*, 2003, 22( 2): 60~ 63.