

# 长江口溶解氧赤潮预报简易模式\*

王正方 张 庆 吕海燕 卢 勇 扈传昱 曾江宁

(国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

**关键词** 赤潮 预报 溶解氧

**中图分类号**: X55

## 1 引言

在海洋浮游生物中, 有很多单细胞微小生物, 由于异常地急剧繁殖, 并高度密集在一起, 从而引起海水变色的现象, 称谓“赤潮”。

目前, 普遍认为赤潮的发生与海水中磷、氮等营养盐、铁、锰等微量元素以及某些有机化合物的大量增加有关<sup>[1]</sup>; 另外, 还与水体的停滞和气象条件密切联系<sup>[2,3]</sup>。赤潮的发生意味着生态平衡的破坏。赤潮的破坏性机理反映在如下 3 方面:

(1) 分泌毒素: 一百多年来, 国外书刊时有记载, 某些地区沿海居民食用海生软体动物、某些贝类, 突发性地发生神经中毒, 患者口唇、齿龈、舌和面颜部麻木或有烧灼感, 逐渐扩展至颈项和四肢, 12 h 内以呼吸麻痹导致死亡。Hallegraeff<sup>[4]</sup>发现一种赤潮虫(*Gonyaulax manilata*), 也能分泌对人类有害的毒素, 这种毒素可使一种鱼(*Mugil cephalus*) 在 4 h 内死亡。有些赤潮浮游生物能产生一种毒性化合物, 例如 *Gonyaulax tamarnsis* 就能生产出石房蛤毒素和另一毒性化合物。一种有毒硅藻具有麻痹性贝毒危害人类, 这种贝毒已在欧洲、北美和日本。最近, 在澳大利亚也发现此种贝毒<sup>[5]</sup>。

(2) 改变海水的化学性质: Hallegraeff<sup>[5]</sup>认为在赤潮盛期, 水体中溶解氧的含量并不减少, 尤其白天, 溶解氧的饱和度有时可高达 200%; 但到了赤潮的末期, 由于大量赤潮生物死亡后分解, 需要大量氧气。如果, 海水中溶解氧一时得不到补充, 就给鱼、虾、贝类造成缺氧而窒息死亡。

(3) 赤潮生物个体的粘附性: 赤潮生物吸附于鱼鳃上而使鱼致死。夜光虫在发生赤潮时对鱼虾类的危害是由于它的大量个体粘附在鱼虾的鳃上, 阻碍了呼吸的进行。

本研究将根据赤潮发生前期, 赤潮生物白天光照产生大量氧气溶解于水中, 夜间停止光合

本文于 1998-01-27 收到, 修改稿于 1999-06-07 收到。

\* 浙江省自然科学基金资助项目(编号: 493007)。

第一作者简介: 王正方, 男, 60 岁, 研究员, 从事海洋环境化学研究。

作用,因呼吸作用吸收海水中溶解氧,释放二氧化碳,使海水中溶解氧明显升高或昼夜有明显的变化这一特征,用于长江口水产养殖区海域赤潮的短期预报.

## 2 赤潮的预报机制

根据赤潮发生期间,生态平衡破坏性机理的 3 个方面内容,寻找其客观存在的规律.显然,如果发现鱼贝类有赤潮毒素,或大量浮游生物个体粘附在鱼鳃上,阻碍了呼吸的进行,使鱼、虾类死亡,造成直接经济损失后以不能称为预报赤潮,只能算是后报.

要达到预报的目的,首先得了解赤潮发生前、后水体中何种环境因子变化最大,它又受何种因子影响,从而判断能否发生赤潮.而水体中溶解氧是赤潮发生前后最关键的水体化学变量之一.

在水产养殖系统中,进入水体中的氧或浮游植物在水中产生的氧应该比被有机体吸收氧多,否则就会氧耗尽.因为在河口水域中营养物质一般非常丰富,故光线是调节浮游植物光合作用的主要因子<sup>[6]</sup>.光穿过水层时,光强迅速减少.所以浮游植物的产氧量随着深度的增加而减少,低于某一深度时就无氧产生.光合作用随着光密度的减少而减少,并且随着浮游生物越来越多,耗氧量增加很快.当浮游生物量很高时,接近表面的溶解氧很高.因为遮掩,产氧率随深度的增加迅速下降,仅在水表面的一薄层,赤潮生物就在这一表层生成和繁殖,通常为 1 m 层,含有可观的溶解氧.在浮游生物量不是很高的水体中,与浮游生物大量存在的水体相比产氧量是低的.浮游生物浑浊度对溶解氧深度分布的影响有较强的规律性.

在天然水体中,溶解氧浓度在一天一夜中的变化显著.一般,溶解氧浓度在日出时最低,在白天增加,到午后达到最高值,然后在夜间下降.白天,光照下,水体中大量浮游生物繁殖旺盛期,水中溶解氧含量最大,夜间,浮游生物停止光照时因呼吸而吸收氧气,使水体中溶解氧含量最小,根据这一现象,寻找其规律,建立预报模型.

## 3 赤潮的监测

### 3.1 监测日期和区域

根据已有的资料和赤潮发生的温度、盐度及 N, P, 微量元素的分析,长江口及邻近海域的赤潮发生在 5~9 月份.因为在这几个月中,大陆降水造成长江径流出现洪峰,并且带来大量的有机物质、营养盐和微量金属.海水的温度由晚春到早秋较适合赤潮生物增殖.鉴于这一情况,课题组分析,估计 6 月份发生赤潮的机率增大,于是,决定赴岛现场观测.

1995 年 5~6 月湖头渡海域,其位于浙东象山港中部、枸杞岛地处长江口(图 1).枸杞岛其附近海域的海水受长江冲淡水 and 外海水的影响.为了便于区别这两种水系对此海域作用的

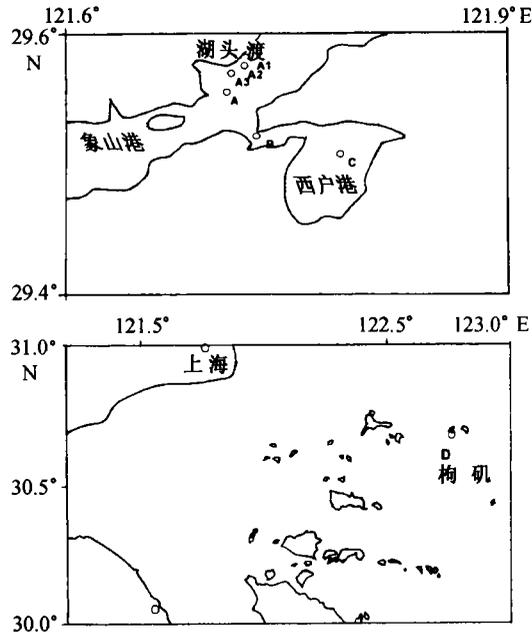


图 1 长江口和湖头渡海域赤潮监测站位

不同状况,分别在高平潮时和低平潮时采取水样来测定各种要素.采样时间为6月14日上午(高平潮),下午(低平潮),6月16日上午(高平潮),下午(低平潮).采样层次分为表层,5 m层,底层.此次共测得数据120个.测定结果见表1.

表1 长江口和湖头渡海域水质参数值(1995年)

日期	测站	S	DO	pH	PO <sub>4</sub> -P
05-12	A	25.25	8.63	8.30	0.059
05-15	A	25.29	8.56	8.30	0.059
05-18	A	27.15	8.45	8.07	0.073
05-21	A	26.37	8.24	8.13	0.073
05-24	A	26.07	8.27	8.08	0.055
05-24	A	26.34	8.40	8.07	0.055
05-27	A	26.60	8.26	8.06	0.060
05-30	A	25.84	8.09	7.96	0.060
	B	25.84	9.94	7.99	0.050
	C	26.34	6.40	7.98	0.040
06-5	A	25.55	8.78	8.14	0.042
06-8	A	25.88	7.78	7.90	0.038
07-17	柁矶	17.57	15.60	8.50	0.005
07-18晨	柁矶	25.03	8.50	8.30	0.003
07-18晚	柁矶	22.07	15.30	8.50	0.002

注: A:湖头渡离岸边100 m; B:西户港港口口门水; C:西户港内测站(网箱养鱼水域).

### 3.2 监测项目和方法

监测项目有 S, pH, PO<sub>4</sub>-P, DO 等.监测方法除另有说明外,均按国家海洋局海洋调查规范<sup>[8]</sup>和海水监测规范<sup>[9]</sup>进行.氯度用摩尔硝酸银滴定法.水样采集后在湖头渡育苗厂提供的简易实验室进行水质分析.部分结果见表1.1996年的结果见表2.

表2 长江口海域表层海水中溶解氧浓度和 PO<sub>4</sub> 浓度在不同潮时的变化(1996年)

日期	深度/m	DO/mg·dm <sup>-3</sup>	PO <sub>4</sub> /mg·dm <sup>-3</sup>
06-14(高平潮)	表层	7.52	0.019
	5.0	7.36	0.021
	底层	6.69	0.022
06-16	表层	7.72	0.000 3
	5.0	7.69	0.000 3
	底层	7.32	0.000 8
06-14(低平潮)	表层	7.62	0.020
	5.0	7.35	0.021
	底层	6.90	0.024
06-16	表层	7.13	0.004
	5.0	6.90	0.005
	底层	6.04	0.005

1997 年 7 月在嵊泗县枸杞岛海域水质监测项目亦采用上述方法,其中盐度采用比重法替代,并进行相应校正. 测站位于嵊泗鲍鱼海水养殖场周围海域和该场养殖用水入水口.

表 3 长江口海域表层海水溶解氧浓度( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )的昼夜变化(1997 年 7~8 月)

昼夜变化	日期(月/日)						
	7/18	7/20	7/26	8/2	8/4	8/6	8/15
12:00	10.6	9.9		6.7	6.7		7.5
14:00		8.4	9.8	8.9	5.6	5.9	8.2
15:00	9.5						
16:00		11.0	9.9	7.5	5.4	6.0	8.2
17:00		10.8					
18:00	9.5	11.1	9.0	8.5	5.7	7.0	9.3
19:00		9.0					
20:00				6.0	5.0		9.4
21:00	9.3	8.8					
22:00				4.9	5.8		9.2
23:00		8.3					
00:00				5.0	6.3		9.0
01:00		7.9					
02:00				5.0	6.2		8.2
03:00	7.5	7.8					
04:00				4.9	5.7		7.6
05:00		7.6					
06:00	7.9		5.0	5.1	6.2		7.5
07:00		6.9					
08:00				5.6	5.9	5.0	7.2
09:00	8.6	7.3	5.8				
10:00				6.2	5.4	5.8	7.5
11:00		8.1					
12:00	9.2			6.8	6.7		7.4

### 3.3 长江口赤潮短期预报模式

根据现场实测溶解氧资料进行统计分析,发现有如此规律,即溶解氧昼夜变化差值大于或等于  $5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ,可以预报赤潮将要发生.赤潮发生时溶解氧值可以高达  $16 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ,甚至更高,是正常值(未发生赤潮时)的倍数.经统计处理,本文提出如下溶解氧赤潮预报模式:

$$\Delta\text{DO} = \text{DO}_H - \text{DO}_L \geq 5,$$

式中,  $\Delta\text{DO}$  为海水中溶解氧昼夜变化差值( $\text{mg}/\text{dm}^3$ );  $\text{DO}_H$  为海水中溶解氧昼夜变化最高浓度值( $\text{mg}/\text{dm}^3$ );  $\text{DO}_L$  为海水中溶解氧昼夜变化最低浓度值( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ).

在上述监测中,1995 年湖头渡(A 站)未发生赤潮,而枸杞在 7 月 17 日发生赤潮,7 月 18 日晨 6 时 30 分赤潮消失,到晚上 8 时又发现赤潮.7 月 17 和 18 日晚,在枸杞海域发生了赤潮,溶解氧变化十分明显,证明了此模式在该海域的适用性.

## 4 几点认识

(1) 1995年5~6月湖头渡海域尽管营养盐浓度较高,但水温较低,未能发生赤潮,溶解氧浓度高是由于该海域种植大型藻类——海带,因其光合作用使水体溶解氧浓度提高,但其差值小于5,故未发生赤潮。7月,在长江口枸杞海域发生赤潮,白天测定的溶解氧浓度在发生赤潮和未发生赤潮,海水中溶解氧含量表现迥然不同,差值达到 $6.8 \text{ mg/dm}^3$ 。

(2) 1996年5~6月枸杞岛附近海域未见赤潮发生,其原因可能与在此期间该区域气温偏低,水温较低之故。1997年7月28日在枸杞海域发生以夜光藻和骨条藻为主的赤潮呈现粉红色,在7月26日测定的溶解氧浓度差值为 $5.0 \text{ mg/dm}^3$ ,成功地向水产养殖部门进行了赤潮预报。

(3) 为减少或避免因赤潮给水产养殖业和沿海经济带来的损失,建议政府有关部门根据已有的赤潮短期预报模式进行普及、推广、投资建立浙江沿海水产养殖区赤潮预报网络,以达到减灾的目的。

## 参考文献

- 1 Wang Zhengfang, Zhang Qing, Gong Min. The effects of nitrogen, phosphorus, vitamins and trace metals on the growth of the red tide organism *prorocentrum micans*. *Chin J Oceanol Limnol*, 1995, 13(4): 338~342
- 2 Wang Zhengfang, Zhang Qing, Gong Min. The most suitable initial density of *prorocentrum micans* and its relationship with temperature. *Marine Environment Science*, 1993, 12(2): 44~47
- 3 Zhang Qing, Wang Zhengfang, Gong Min. The preliminary study on the red tide around the Beiji Islands in China. In: David Hopley, Wang Ying, ed. *Proceedings of the 1993 Pacon Symposium*. James Cook University of North Queensland, Australia, 1993. 421~429
- 4 Hallegraef G M. CSIRO Marine Laboratories Report. 1987. 187
- 5 Hallegraef G M. *Gymnodinium catenatum* Bloom and shellfish toxicity in Southern Tasmania. Australia. *Red Tides*. 77
- 6 王正方, 张庆, 吕海燕. 温度、盐度、pH和光照强度对海洋原甲藻的影响. *海洋与湖沼*(待刊)
- 7 国家海洋局. *海洋调查规范*. 北京: 海洋出版社, 1975
- 8 国家海洋局. *海洋监测规范*. 北京: 海洋出版社, 1989

## The simple model of dissolved oxygen about red tide forecast in the Changjiang Estuary

Wang Zengfang,<sup>1</sup> Zhang Qin,<sup>1</sup> Lü Haiyan,<sup>1</sup> Lu Yong,<sup>1</sup> Hu Chuanyu,<sup>1</sup> Zeng Jiangning<sup>1</sup>

1. *Second Institute Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012*

**Key words** Red tide, dissolved oxygen, forecast