

蔡燕红 张海波 项有堂

摘 要 对 2004 年 5 月 27 日—6 月 3 日象山港水域发生的大范围赤潮进行调查研究。结果表明,本次赤潮面积为 240 km², 赤潮原因种为红色裸甲藻 (*Gymnodinium sanguineum* Hirasaka 1922), 密度最高达到 4.03×10^7 个 /dm³, 厚度 4 m。赤潮的发生导致水体中 pH、DO、COD、活性磷酸盐的含量较同期常规监测时偏高,硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、硅酸盐含量明显降低。水体的富营养化和持续的高温天气是本次赤潮发生的主要原因。

关键词 象山港; 赤潮监控区; 红色裸甲藻

象山港处于浙江东北部沿海,北面紧靠杭州湾,南邻三门湾,东侧为舟山群岛。其地理坐标在 29°24'~29°48'N、121°23'~122°03'E 之间。象山港水域赤潮最早发生在 1973 年,此后,频受赤潮袭扰。进入 20 世纪 90 年代,随着象山港区域开发活动的加剧和区域经济的发展,赤潮发生的范围越来越大,频率越来越高。2000 年以后,赤潮原因种由硅藻向小型甲藻转变。本文报道了 2004 年 5—6 月发生在象山港赤潮监控区的红色裸甲藻赤潮的发展过程及其成因的调查研究结果。

一、象山港的自然环境及赤潮形成和发展过程

象山港海域面积 563 km², 陆地岸线总长 280 km。水深为 10~20 m,最大达 55 m; 水体透明度一般在 1 m 左右,最小 0.1 m,最大 2.8 m,其变化与季节、潮流和风浪等有关。水温平均在 16.4℃ 左右,最热月在 8 月,均温在 26.5~27.0℃,最冷月在 1 月,均温在 3.0~7.2℃; 盐度平均为 21.90~29.11; 潮流属正规半日潮,潮差自口门向港内渐增,在港顶的年平均潮差 3.91 m。象山港流域面积 1 455 km², 注入港的主要河川溪流有 37 条,其中甬溪、大嵩江较大,年平均径流量 12.89 亿 m³, 年

平均输沙量 14.5 万 t。粗粒级物质堆积在河口以上河床,发育成滨海小型冲积平原。溪流带来了淡水和营养盐,生物饵料丰富。潮间带适合生物栖息、生长和繁殖,因此,水产资源丰富。潮滩涂质细软,涂面平坦,环境稳定,也宜于贝藻类增殖,是浙江主要海水增殖基地。

本次赤潮是发生在 2004 年 5 月 27 日至 6 月 3 日。5 月 27 日,XS02-10 站附近海域 (29°30'26"~29°39'15"N, 121°31'44"~121°47'53"E) 发现大范围赤潮。赤潮面积约 200 km², 颜色呈深红色、血红色、酱红色,呈分散型条、块状分布,厚度 2 m。经鉴定,赤潮生物为红色裸甲藻,有毒性,细胞密度在 $(3.2 \times 10^5 \sim 5.8 \times 10^6)$ 个 /dm³ 之间。此后,赤潮范围继续扩大,到 5 月 29 日,西沪港内亦发现了呈小块状分布的赤潮,赤潮面积扩大到约 240 km², 颜色呈暗红色,到 5 月 30 日,赤潮生物红色裸甲藻的细胞密度达到最大值 4.03×10^7 个 /dm³, 厚度 4 m,同时 XS01-04 站附近海域水面上有大量泡沫形成; 5 月 31 日,赤潮颜色变为褐色和浅褐色,面积开始缩小,厚度 3 m; 6 月 1 日,铁港港口—西沪港口、XS02 站附近海域仍可以看到浅褐色成条块状分布的赤潮,面积约 30 km², 但赤潮密度已降低到了发生赤潮的阈值以下(根据日本

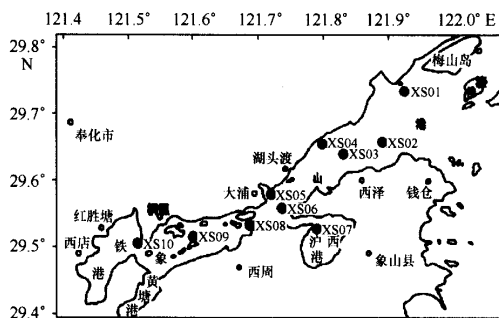


图1 象山港赤潮监控区及其监测站位分布

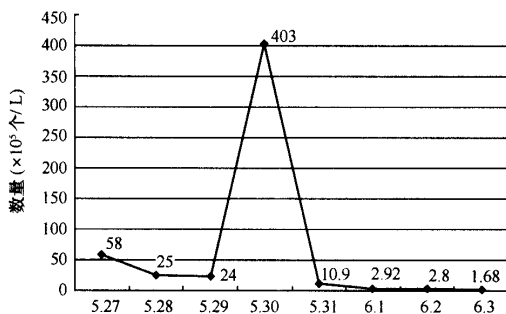


图 2 2004 年 5—6 月赤潮生物变化趋势

学者安达六郎 1973 年提出的形成赤潮密度标准, 本赤潮种密度应位 3.0×10^5 个/L, 6 月 2 日, 赤潮面积减小到 0.5 km^2 , 分布在 XS08-09 测站附近海域 ($29^\circ 31' 01'' \sim 29^\circ 32' 03'' \text{N}$, $121^\circ 35' 52'' \sim 121^\circ 41' 07'' \text{E}$) 附近海域; 6 月 3 日, 赤潮基本消亡。

二、赤潮原因种和赤潮海域主要环境因子的变化

1. 赤潮原因种

经鉴定,本次赤潮原因种是红色裸甲藻(*Gymnodinium sanguineum* Hirasaka 1922)。藻体营单细胞游泳生活。体长55~77 μm,宽40~50 μm。细胞腹面观变化较大,上锥部顶端平圆像头盔,下锥部因纵沟影响呈W形,下锥部一般比上锥部略长。细胞中央部为最宽处,横沟较窄,在中央或中央略上方处左旋一周,其始末端位移与横沟宽度大致相同。纵沟未侵入上锥部,从横沟会合处开始直达底端,越向下宽幅越大。细胞背面扁平,且腹部凹陷显著,游动时整个细胞像树叶下落一样飘旋。活体细胞色彩鲜艳,细胞周围广布橘黄色色素体。圆形的大核位于细胞中央略上方处。

本种为世界广布种，常见于温带和热带的内湾、近

岸水域,在欧洲、美洲和大洋洲等都有记录。迄今尚无关于本种产毒的报道,但该种能使鱼致死。

在我国近岸海域本种引发的赤潮主要有:1998年8月31日至9月6日,烟台四十里湾海域发生红色裸甲藻赤潮,生物密度最高达到 8.98×10^5 个/L,面积100 km²。2001年2月6日至22日在深圳湾蛇口渔港至黄田机场近岸水域发生赤潮,面积约50 km²;2002年9月16日至19日,南麂列岛海域大沙岙和马祖岙发生红色裸甲藻赤潮,密度达到 4.6×10^5 个/L,面积3 km²。该种引发的赤潮多发生在养殖区和近岸水域。

2. 主要环境因子的变化

赤潮发生时,象山港赤潮监控区的 pH、DO、COD、活性磷酸盐的含量较同期常规监测时偏高,尤其是 DO 和 COD 的含量要高出 2 倍多。DO 偏高是由于大量赤潮生物的光合作用释放氧气,导致水体中 DO 明显偏高。COD 偏高是由于大量赤潮生物排出的代谢产物及部分赤潮生物死亡分解是造成水域中有机质含量升高的主要原因,最大值出现在 5 月 30 日表层水体中,监测过程中发现当日,象山港部分区域水面上有大量泡沫形成,说明部分赤潮生物开始死亡分解。

赤潮发生时, 水体中硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮和硅酸盐含量明显降低, 尤其是硝酸盐的平均含量由 0.716 mg/L (5 月常规监测结果) 降低到 0.080 2 mg/L (5 月应急监测结果), 最低降到了水体中硝酸盐未检出的程度。说明赤潮生物的生长繁殖消耗了水体中大量的硝酸盐。

由图 2 可看出,赤潮发展到 5 月 30 日时,水体中无机氮的含量降低到了浮游植物最适生长的下限 0.08 mg/L 以下,表明赤潮难以继续发展,本次赤潮开始消亡。

三、赤潮成因分析

1. 水体富营养化是赤潮发生的物质基础

象山港是一个自东北向西南方向伸入内陆纵深 60 km 的半封闭狭长型港湾,由于象山港特殊的地理环境的影响,港域水体交换相当缓慢,根据象山港环境容量研究结果,西沪港及其以东水域与外海水体交换需要 1—2 月,而西沪港以西水域与外海水体交换需要 2—3 月,港底海水 95% 净交换率需要四个月。但同时,象山港跨越了宁波市奉化、宁海、象山、鄞州、北仑 5 个县(市)、区及 24 个乡镇,港域纵深,有大小溪流 95 支,流域面积 $1.46 \times 10^5 \text{ km}^2$,年均径流量 12.9 亿 m^3 。流域内各种工业污水、农业污水和生活污水的排放导致象山港水域污染日趋加重,水体富营养化。

另外,象山港也是浙江省重要的海水增殖养殖基地,根据 2004 年有关部门的统计资料,象山港内海水养殖面积达到 1.48 万 hm^2 (148.67 km^2),其中滩涂养殖面

表 1 2004 年 5 月象山港赤潮监控区主要环境因子监测结果

监测结果	统计指标	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	磷酸盐 (mg/L)	硝酸盐 (mg/L)	亚硝酸盐 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	硅酸盐 (mg/L)
常规	变化范围	7.87~8.17	4.29~9.39	0.31~0.91	0.023 7~0.064	0.28~1.38	0.003~0.025	0.012~0.086	0.48~1.39
(5 月)	平均值	8.04	8.31	0.50	0.035	0.716	0.0118	0.048	0.994
赤潮发生时	变化范围	8.29~9.58	11.76~21.90	1.14~7.32	0.016~0.262	未检出~0.306	0.001~0.020	未检出~0.094	0.19~2.20
5 (月)	平均值	8.71	15.70	4.30	0.052 8	0.080 2	0.006 3	0.035 7	0.656 2

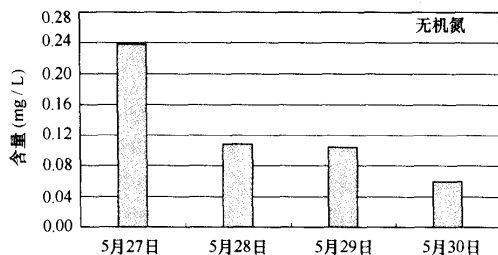


图 3 赤潮发生过程中水体中无机氮含量变化

积约 0.64 万 hm^2 ，围塘养殖面积约 0.54 万 hm^2 ，浅海养殖面积 0.30 万 hm^2 （其中浅海网箱养殖数量已超过 6.66 万余箱）。象山港内养殖水域的面积已经占象山港海域面积（563 km^2 ）的 26.4%。海水养殖产生的大量排泄物和死亡个体沉积到港底，不断分解，在水文气象要素适宜的条件下加速矿化并进入水体，造成海域的富营养化。

象山港水体的富营养化为赤潮生物的生长繁殖和赤潮的发生提供了丰厚的物质基础。而大面积的人工水产养殖导致养殖水域的食物链趋向单一化，生物多样性降低，生态系统自我调节能力和抵御外界扰动的能力被削弱，容易引发赤潮。

2. 适宜的水文气象条件

本次赤潮发生期间，天气晴朗，水温在 20.0~23.1℃ 之间。长时间的晴好天气，加上象山港水域丰富的营养盐物质基础导致水体中赤潮生物孢囊萌发，赤潮藻快速繁殖，引发赤潮。

3. 赤潮发展趋势分析

象山港水域随着社会经济的发展和沿港产业带的形成，以及养殖规模的不断扩大，象山港的环境质量不容

乐观，营养盐类的污染问题仍较为突出，这就导致赤潮灾害在近几年内不会有所减少。近年来，赤潮生物已经由硅藻种向甲藻种转变，出现了红色中缢虫、红色裸甲藻等新的藻种引发的赤潮。赤潮面积也不断扩大，由 2002 年、2003 年的几十平方千米扩大到了上百平方千米。持续时间加长，由前两年的 3~5 天增加到了本次赤潮的 8 天。

而目前，象山港水域亟须有效控制污染源，减少赤潮的发生。

四、结论

(1) 2004 年 5 月 27 日至 6 月 3 日在象山港发生的赤潮范围较大，达到 240 km^2 ，赤潮生物为红色裸甲藻（*Gymnodinium sanguineum*），最高密度达到 4.03×10^7 个 / dm^3 ，厚度 4 m。

(2) 赤潮的发生导致水体中 pH、DO、COD、活性磷酸盐的含量较同期常规监测时偏高，硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮和硅酸盐含量明显降低。

(3) 水体的富营养化和持续的高温天气是本次赤潮发生的主要原因。

(4) 近几年，象山港水域的赤潮发生范围不断扩大、持续时间变长，赤潮生物由硅藻种向甲藻种转变。赤潮灾害较严重，亟须有效控制污染源，减少赤潮的发生。

参考文献

- 1 国家海洋局. 中国近海赤潮生物图谱. 2002
- 2 吴玉霖, 周成旭, 张永山, 等. 烟台四十里湾海域红色裸甲藻赤潮发展过程及其成因. 海洋与湖沼, 2001, 32 (2)

(作者单位 宁波市海洋环境监测中心)