

长江口海域赤潮成因及其防治对策

叶属峰, 纪焕红, 曹 恋, 黄秀清

(国家海洋局东海环境监测中心, 上海 200137)

摘要: 对长江口海域的赤潮发生形势进行了系统总结与分析, 探讨了长江口海域赤潮灾害的成因及其防治对策。长江口及邻近海域是我国赤潮高发区, 自 20 世纪 80 年代以来赤潮发生越来越频繁, 赤潮生物种类增加, 2002 年首次发生了有毒亚历山大藻 (*Alexandrium* sp.) 赤潮, 赤潮危害程度在增大, 这与长江口海域的环境和生物条件、河口最大浑浊带、长江上游大型水利工程建设以及全球气候变化对长江口海域赤潮高发区的影响有直接关系, 同时河口海域甲藻孢囊也是赤潮发生的种源。建议建立赤潮立体监测体系、赤潮信息管理系统、海产品赤潮毒素卫生检疫制度和赤潮应急响应机制, 全面加强长江口海域的赤潮监控与防治工作。

关键词: 赤潮成因; 防治对策; 长江口及其邻近海域

中图分类号: X834; X145 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2004)05-0026-07

20 世纪 80 年代以来, 赤潮已成为一种全球性的海洋灾害。随着经济快速发展与海洋开发活动的日趋活跃, 长江口海域赤潮业已成为长江三角洲沿岸地区社会经济发展所面临的一个海洋生态问题, 并逐渐威胁到沿岸城市国民经济可持续发展的海洋生态环境基础。但是, 目前长江口及其邻近海域的赤潮灾害防治工作还比较薄弱, 尚未建立完善的赤潮监控与防治工作体系, 这与长江三角洲地区经济发展水平很不相称。为此, 本文对长江口海域的赤潮发生形势进行了系统总结与分析, 探讨了长江口海域赤潮灾害成因及其防治对策, 为开展长江口海域赤潮监控、防治和预测预报工作提供参考。

1 长江口及其邻近海域赤潮发生概况

长江口及其邻近海域是中国赤潮高发区^[1], 赤潮发生呈现出以下特点: (1) 赤潮发生频率骤增, 发生季节相对集中。自 1972 年在长江口外海域首次报道束毛藻 (*Trichodesmium*) 赤潮以来, 特别是 80 年代以后, 赤潮发生频率骤增, 至 2002 年为止, 长江口及其邻近海域共发生赤潮 96 次, 其中 70 年代为 1 次, 80 年代为 13 次, 90 年代为 58 次, 2000~2002 年 24 次, 每 10 年递增速度显著且高于全国平均水平约 3 倍(图 1A)^[2]。赤潮多发季节为每年的 5~8 月, 占全年赤潮发生总数的 87.5%。2002 年在长江口及邻近海域发生赤潮 13 次, 占东海区赤潮总数的 23.6%, 均为

5~8 月, 其中又以 5 月份所占比例最大, 约为 70%。

(2) 发生规模以小面积赤潮为主, 发生区域相对集中。近 10 年来, 赤潮发生有向近岸和河口内湾转移的趋势。据统计, 东海区历史上 40% 以上的赤潮事件发生在长江口赤潮高发区 (30°05'~31°51'N, 122°15'~123°10'E)(图 1B 和图 2)。至 2002 年止, 长江口海域大面积赤潮 (>1 000 km²) 共发生 11 起, 占已发生赤潮总数的 11.5%。2000~2001 年长江口海域连续发生 4 起大面积赤潮, 其中最大一次具齿原甲藻 (*Prorocentrum dentatum*) 赤潮 (2000 年) 危害面积达 7 000 km²^[3,4]。2002 年长江口海域赤潮危害面积累计达 2 100 km², 约占东海区赤潮危害面积的 1/4。(3) 赤潮生物原因种增多, 2000 年以来微型甲藻赤潮发生频率有所上升。据统计, 20 世纪 70 年代长江口海域已发生赤潮的生物原因种有 3 种, 80 年代为 5 种, 90 年代

收稿日期: 2002-10-09; 修回日期: 2003-04-10

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (2001CB409707 和 2002CB412406); 国家海洋局青年海洋科学基金 (2002109) 资助项目。

作者简介: 叶属峰 (1971-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事海洋赤潮及生态系统健康评价研究, E-mail: ysf6@vip.sina.com

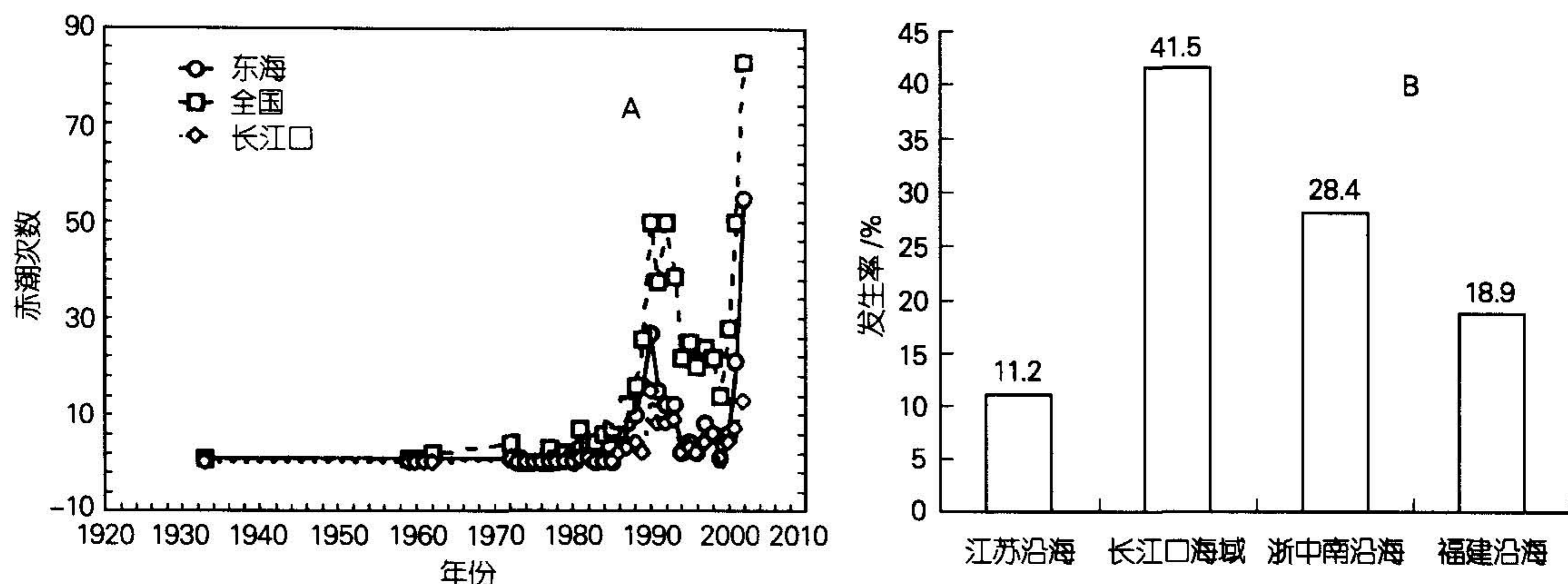


图1 历年赤潮发生次数统计(1933~2001)

Fig. 1 Number statistics of red tides (1933~2001)

A. 全国、东海及长江口海域; B. 东海四个海区

A. Red tides in China sea, East China Sea and The Yangtze River Estuary and its adjacent sea areas; B. Red tides in four sea areas of East China Sea

表1 近30年来长江口及其邻近海域赤潮原因种统计

Tab.1 Causative species of red tides in the Yangtze River Estuary and its adjacent sea areas in the last 30 years

时间	20世纪70年代	20世纪80年代	20世纪90年代	2000~2002年
赤潮生物种类	汉氏束毛藻 <i>Trichodesmium hildebrandtii</i> 铁氏束毛藻 <i>T. thiebauti</i> 红海束毛藻 <i>T. erythraeum</i>	夜光藻 <i>Noctiluca scintillans</i> 中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i> 蓝色裸甲藻 <i>Gymnodinium coeruleum</i> 三叉角藻 <i>Ceratium trichoceros</i> 隐藻 <i>Cryptomonas</i> sp.	夜光藻 <i>N. scintillans</i> 中肋骨条藻 <i>S. costatum</i>	夜光藻 <i>N. scintillans</i> 中肋骨条藻 <i>S. costatum</i> 具齿原甲藻 <i>Prorocentrum dentatum</i> 红色中缢虫 <i>Mesodinium rubrum</i> 亚历山大藻 <i>Alexandrium</i> sp. 三齿原甲藻 <i>Prorocentrum triestinum</i>
共计(种)	3	5	2	6

为2种,而21世纪头3年则增至6种,明显多于往年,且赤潮生物原因种发生了明显变化,新的种类及有毒生物种类在增加(表1)。20世纪80,90年代以夜光藻(*Noctiluca scintillans*)和中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)等硅藻类赤潮为主的趋势正在下降,近岸赤潮生物逐渐由中型硅藻类向小型和微型甲藻类发展,具齿原甲藻、亚历山大藻(*Alexandrium* sp.)等甲藻赤潮发生频率有所上升。2002年首次在长江口邻近海域发生红色中缢虫(*Mesodinium rubrum*)、亚历山大藻赤潮。(4)赤潮危害程度加大,有毒赤潮由南向北发展。2002年在长江口邻近海域——岱山海域首次发生有毒的

亚历山大藻赤潮后(距岱山沿海养殖区仅1 nmi),检测贻贝体内赤潮毒素PSP含量高达5.58 MU/g,已超过海洋生物PSP质量标准(4.00 MU/g)。此外,从2002年上海市水产品市场及周边省市海产品种类赤潮贝毒调查表明,部分敏感种类和敏感区域赤潮毒素污染问题已开始威胁到长江口及其邻近海域海产品的食用安全。

2 长江口海域赤潮灾害成因分析

2.1 长江口海域具备发生赤潮的基本条件

通常所说的长江口海域可分为河口区、冲淡水

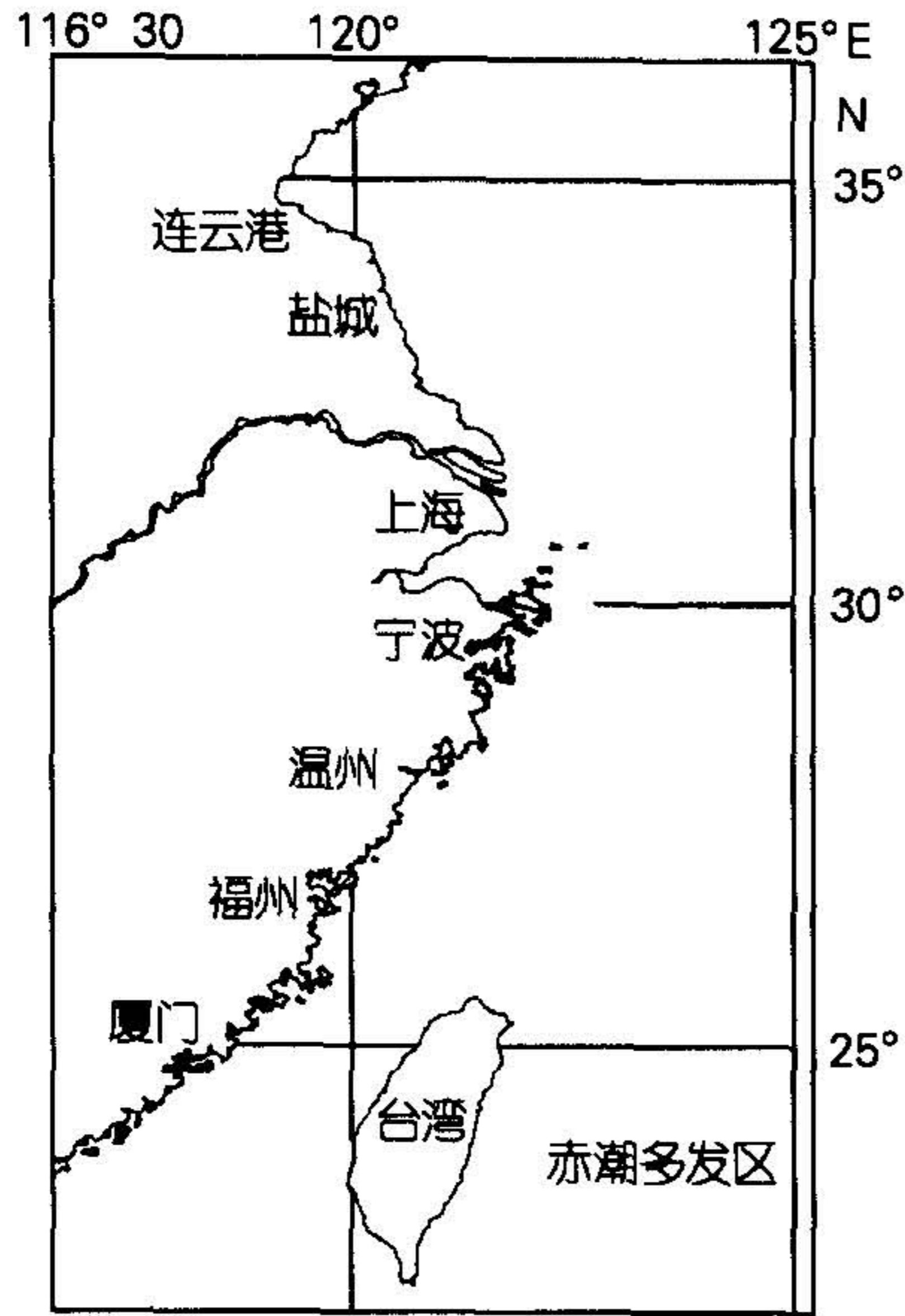


图2 东海海域赤潮分布

Fig. 2 Distribution map of HABs in East China Sea

区及外海海域3个亚区,其邻近海域包括杭州湾-崎岖列岛、嵎泗列岛、马鞍列岛和中街山列岛等舟山群岛附近海域和南黄海海域。这一海域因长江径流来水来沙丰富,具有营养盐丰富、盐度变化幅度大、泥沙含量较高等特点。加上长江口区内接长江,外连东海,该海域受长江径流、钱塘江径流、上升流、台湾暖流、黄海冷水团及东海海水影响,使得这一海域情况非常特殊,水文状况复杂多变,极易发生赤潮。

赤潮发生需具备环境和生物两个条件。监测资料表明,徐六径断面1990~1993年水质大部分监测项目符合地面水二类标准,而近年来监测表明,枯水期122°30'E以西海域长江口海域水体均呈富营养或严重富营养状态,丰水期则外移至123°E,海水水质为IV类或超IV类,河口区水质大致每5年降低一个等级。2001年长江口、杭州湾海域90%以上测站的无机氮(DIN)和无机磷(DIP)水平常年处于超标状态,超标范围分别向外海延伸120和210 km; DIN和DIP呈中度污染面积分别已达30 000 km²和20 000 km²,其中又以河口内富营养化程度最严重,近海区次之。从营养盐指标来看(图3),2002年长江口海域营养盐DIN和DIP平均含量为1.282 mg/L和0.044 mg/L,已经高出海洋浮游植物对DIP和DIN需求的最适浓度(分别为0.080 mg/L和0.018 mg/L)15和1.5倍。长江口海域营养盐平均浓度比20世纪60年代增加了7~8倍,DIN浓度比20世纪90年代初增加了约2倍,无机

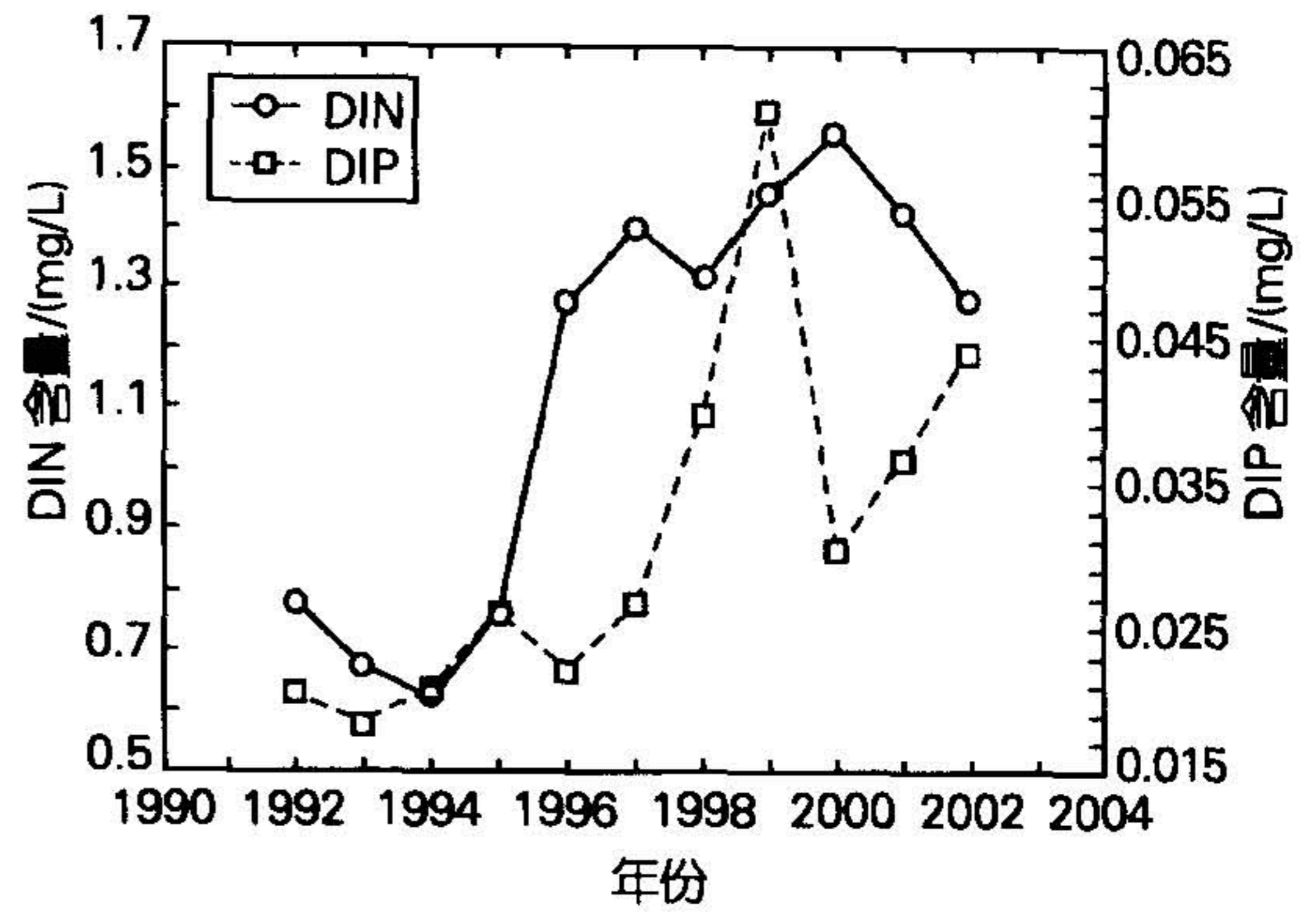


图3 长江口海域20世纪90年代初以来营养盐(DIN, DIP)浓度变化

Fig. 3 The variation of nutrients (DIN, DIP) since the beginning of 20 century in the Yangze River Estuary and its adjacent sea areas

磷则增加约1.8倍。

长江口海域营养盐浓度的变化与长江流域N, P输入通量增加有关,尤其是20世纪70年代后期及80年代以后,大通站和南通站的DIN, DIP浓度呈急剧增加趋势^[5]。2002年长江口无机氮入海总量比70年代初(161 000 t/a, 1972年)、80年代初期(770 000 t/a, 1983年)和中期分别增加了约10、1.3和1倍,增长幅度大;而无机磷则稳中有升,比60年代末(29 700 t/a, 1968年)稍高,比80年代中期增加了约1.3倍。

但长江口硅通量却表现出明显下降趋势,特别是1968年以后,溶解硅(DSi)的浓度急剧下降,1959~1984年减少了53.33 μmol/L, 1963~1983年20年间下降了3.2 mg/L, 2002年比80年代中期减少了约15.1%(表2)^[5]。定量分析认为,氮的降水输入是长江口高含量无机氮的主要来源,降水无机氮、农业非点源氮(化肥和土壤流失的氮)和点源污水氮的输入分别占长江口无机氮输出通量的62.3%、18.5%和14.4%^[6]。

以上分析表明,长江流域大量的营养物质经河流输入长江口及其邻近海域,给河口生态系统带来了巨

表2 长江流域排放入海污染总量(t/a)

Tab. 2 Discharge of some pollutants from the Yangtze River Basin(t/a)

年份	C(DIP)	C(DIN)	C(SiO ₃ -Si)	参考文献
1985~1986	13 600	888 100	2 044 400	[7]
2002	31 482	1 776 237	1 776 237	1)

1)国家海洋局。2002年中国海洋环境质量公报。2003。

大压力;河口海域营养盐(DIN和DIP)含量均很充足,常年具备发生赤潮的物质基础,不构成浮游植物生长的限制因子,加上水文气象条件复杂多变,为该海域赤潮的形成与发生提供了条件。近50年来,由于流域内众多水利工程建设、化肥农药等人类活动引起长江流域N、P入海通量急剧增加和DSi的减少,导致长江口海域营养盐结构发生了显著变化,这可能是导致长江口及其邻近海域生物营养盐限制因素由N限制、P限制向Si限制发展,是近年来甲藻类赤潮发生频率增加的关键原因。

其他海洋理化指标也反映出东海近海海域富营养化程度非常严重,底层缺氧是导致赤潮发生的重要条件之一。1999年8月长江河口外存在着巨大氧亏损区,底层低溶氧区[C(DO) < 2 mg/L]中心位置为122°45'E和123°00'E之间30°50'N附近海域,面积高达13 700 km²,平均厚度达20 m,其含氧量最低值为1 mg/L,沿-100 m等深线C(DO)值低于3.5 mg/L的底部低氧海区向东南方向一直延伸到东海大陆架;在低溶氧区域,表观耗氧量(AOU)为5.8 mg/L,亏损氧总量高达 1.59×10^6 t^[8]。长江径流携带的大量N、P污染物入海量不断增加,一方面为氧亏损海域表层浮游植物的生长提供了丰富的营养盐,另外更加剧了该海域的氧的亏损。

其次,长江口海域浮游植物种类异常丰富,具备发生赤潮的生物基础。近年来调查表明,长江口海域共有浮游植物近400种,有69种赤潮生物^[1],中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)和夜光藻(*Noctiluca scintillans*)是长江河口区和冲淡水区多发赤潮生物种类。此外,铁氏束毛藻、汉氏束毛藻、红海束毛藻、三叉角藻、蓝色裸甲藻、三齿原甲藻、隐藻、红色中缢虫等也曾发生过赤潮(表1)。近3年来,具齿原甲藻、亚历山大藻等微型甲藻赤潮发生频率有上升趋势^[3,4]。其它敏感赤潮生物还有长耳盒形藻(*Biddulphia aurita*)、红色裸甲藻(*Gymnodinium sanguineum*)等,它们在部分水域中的丰度仍处于较高水平,近期仍将是长江口水域的主要赤潮生物^[1]。

2.2 河口最大浑浊带对长江口海域赤潮发生的影响

河口最大浑浊带是长江口的一个显著物理特征,其发生于盐度梯度最大的盐水入侵锋面区,重力环流作用、泥沙的絮凝沉积和潮流的冲刷是导致最大浑浊带形成的三大主要原因。长江口海域的赤潮高发

区位于河口最大浑浊带外的东海海域,但在长江口最大浑浊带区内至今没有发生过赤潮,与英国的Great Ouse河口和Suisun湾(San Francisco河口)等河口湾显然不同^[9],这与长江口最大浑浊带的存在具有密切关系,与河口最大浑浊带的浊度有关,临界深度小于水深,透明度小限制了浮游植物的大量生长,因此长江口的初级生产力普遍较低^[10]。

由于长江径流挟带的悬沙与潮流扰动产生的再悬浮泥沙在长江口形成透明度在3 m和3 m以下的浑浊带,浑浊带的消光作用强于营养盐的释放作用,浑浊带悬沙削弱了河口水域生态系统对径流过剩营养盐的吸收、同化功能,抑制了长江口门区的初级生产力,使口门区的浮游植物生物量及密度显著低于附近水域。经估算,目前长江口浮游植物对N、P的吸收,同化能力仅为光合作用效率较高的其它河口海岸水域(如加州海岸)的10%左右^[10]。使大部分营养盐被输送到河口外透明度较高的水域才能被充分利用,间接增加了口门外水域的营养盐浓度,使河口外邻近海域成了高透明度、高营养盐含量、底层低氧的赤潮高发区。此外,低初级生产力导致了整个河口生态系统生产力下降,并削弱了高营养级生物对营养盐的吸收、同化能力。一些经济水产物种产量的下降还改变了人类的捕捞-养殖策略,削弱了人类活动对生态系统内N、P输出的促进作用,从而使河口生态系统对营养盐的总体吸收、同化能力下降。

由于长江河口最大浑浊带的存在,在上海近岸海域发现赤潮的可能性不大,但长江口海域赤潮对上海市的影响程度与潜在威胁并未因此而减小。这是因为长江口赤潮高发区距上海市近岸最短距离仅约为80 km,大面积赤潮发生常常给长江口海域的渔业资源、海洋生态系统、滨海旅游业等海洋产业带来巨大危害和经济损失,并可能产生海洋生态系统与人民群众的健康损害。

2.3 长江上游大型水利工程建设对长江口赤潮高发区的影响

人类活动导致河口营养盐结构的变化是几十年来世界范围内的一个普遍趋势,溶解硅(DSi)降低即为其中一个著名例子^[5]。截止1997年底,长江流域共有48 000座水库,其中大中型水库有965座,引水工程 5.6×10^5 处,抽水工程 2.6×10^5 处。1968年丹江口大坝建成后,其下游的泥沙通量呈现跳跃式下降,DSi浓度也呈同样的下降趋势^[5]。

目前,长江上游在建的重大水利工程(如三峡工程、南水北调等)在较大程度上直接影响着长江河口生态系统。三峡工程建成后,按180 m方案,10月份长江入海径流量较大幅度减少,可能引起长江口海区营养盐分布的变化和平均浓度下降,其中以 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 TIN 最为显著,等值线向河口移动,高浓度区域将随着冲淡水面积的减少而缩小^[11]。在4种不同的水文条件下(特枯水年、枯水年、平水年、丰水年),东线南水北调 $500\text{ m}^3/\text{s}$ 后冲淡水扩展面积将减少约 $300\sim 400\text{ km}^2$,调水 $700\text{ m}^3/\text{s}$ 后减少 500 km^2 ,调水 $1000\text{ m}^3/\text{s}$ 后减少 $600\sim 700\text{ km}^2$,对引水船、大戟山和嵎山站的表层盐度均有不同程度影响,其中对位于长江口引水船站的影响最大,在调水量为 500 、 700 和 $1000\text{ m}^3/\text{s}$ 3种条件下,其表层盐度将分别升高 $0.21\sim 0.23$ 、 $0.29\sim 0.33$ 和 $0.42\sim 0.47$,对离长江口门较远的嵎山站表层盐度也有明显影响,即使在丰水年,其表层盐度也将升高 0.12 ^[12]。

长江流域重大水利工程建设对长江口海域的主要影响表现在:流量调控改变了长江口水文、营养盐和泥沙入海通量,改变了长江口最大浑浊带位置,通过生态系统的调节与反馈作用,影响着长江口及其邻近海域生物种群动态、种间关系、群落结构乃至整个生态系统,进而对长江口赤潮高发区的位置、理化特征、生态特征均会造成明显影响。据预测,21世纪长江口海域赤潮有向近岸与内湾转移趋势,长江口赤潮高发区位置正向上海近岸靠近,赤潮生物种类(包括有毒赤潮生物种类)及赤潮发生数量均会有明显增加。

2.4 甲藻孢囊为赤潮发生的种源基础

东海沿岸水域夏季沉积物中甲藻孢囊数量值为 $1.6\sim 47.1$ 个/g,远大于香港水域的链状亚历山大藻(*Alexandrium catenella*)孢囊数量,而且甲藻种类不止1种,主要有膝沟藻属的*Gonyaulax spinifera*、多甲藻属的*Peridinium sp.*、原多甲藻属的*Proto-peridinium sp.*、原膝沟藻属的*Protogonyaulax sp.*以及*Scriptsiella sp.*等5种^[13]。2002年5月上旬,在长江口邻近海域,浙江岱山海域发生塔码亚历山大藻赤潮。这说明东海区甲藻孢囊数量具有形成赤潮的潜在条件。

甲藻孢囊的数量分布,高值一般出现在有江河注入的附近水域沉积物中,在长江口近岸海域远大于外海海域。甲藻孢囊在沉积物中的种子场分布与所处水域的海洋水团、水文和沉积过程选择性沉积作用有关^[13]。甲藻孢囊在沉降过程中,受到其沉降速度、流

系的流向转送作用的影响。受长江冲淡水、上升流、台湾暖流以及东海外海海水的影响,在长江口-杭州湾水域有可能形成一个有利于赤潮生物生存繁殖的锋区。每年5月中下旬至7、8月,甲藻孢囊可能会借助海洋水团作用输送到长江口-杭州湾水域,增加该海域的甲藻孢囊数量,在环境条件适宜情况下极易引发赤潮。国家重点基础研究发展规划项目“我国近海有害赤潮的生态学、海洋学发生机制及预测防治”2002年2月航次调查表明长江口外海域并未存在具齿原甲藻孢囊,但却在2000~2002年连续发生大规模具齿原甲藻赤藻即可说明海洋水动力对赤潮孢囊的输移起重要作用。

2.5 全球气候变化对东海赤潮的影响——环流异常

对一些赤潮类型来说,海洋物理过程起着支配作用,水动力是控制海洋赤潮发生的主要因子,如海岸生态系统的大规模平流和输送现象,决定着赤潮藻类的集聚和输送的物理行为。长江口河海相互作用所引起的特殊的水平运输、锋面、层化、湍流混合等是其中重要的动力过程。在长江口浑浊带海区,水动力的聚集与输运作用对浮游植物分布的影响非常明显。长江口赤潮多发区赤潮频发与长江径流入海后在 $122^{\circ}10'$ 以东海区显著层化,在冲淡水与外海高盐水之间形成明显的具有一定宽度的高潮能锋区,以及上升流存在有关。长江口区在 31°N 以北, $122^{\circ}30'\text{E}$ 以东海区明显存在着由台湾深水逆坡涌升形成的一大片孤立的低温高盐区。该区大约以 $122^{\circ}45'\text{E}$, $31^{\circ}30'\text{N}$ 为中心,在东西与南北各延伸一个经纬度,赤潮多发区正位于上升流的中心区。

长江口海域赤潮发生新态势还与全球气候变化有关。据各国气象部门最新汇总及联合国环境组织(UNEP)相关研究表明,2002年赤道太平洋海域中部和东部的海表温度已经超过正常温度 1°C 多,整个赤道太平洋海域厄尔尼诺现象正在进一步形成之中。由于厄尔尼诺现象导致全球变暖,雨水少、气温高、光照足的气候条件,导致沿海一些海域浮游生物过量繁殖而引起赤潮。人类活动是造成近50年来气候变化并最终导致东海赤潮多发的重要因素。

3 战略对策与行动建议

长江口海域赤潮对沿岸地区的主要影响表现在:(1)通过海洋水团作用将有害有毒赤潮输送到上

海市近海海域或近岸海域,影响上海海域生态环境,给海洋渔业资源、水产养殖业、滨海旅游业等海洋产业带来负面影响;(2)通过邻近海域受赤潮毒素污染的海产品流入本市市场,影响市民的生命安全。

综上所述,长江口海域赤潮成灾的原因是多方面的,人类活动的影响的加剧是90年代末期以来出现的新特点。为使长江口海域赤潮防治工作处于全国领先水平,急需开展以下四个方面的工作。

3.1 建立赤潮立体监测体系,加强赤潮监测与预警

加强赤潮监测与预警是赤潮监控防治工作的第一环节。应根据长江口及邻近海域的赤潮灾害发生和变化特点,充分利用863-818海洋环境监测和信息服务系统上海示范区成果,建立卫星遥感、航空遥感、船只监测以及浮标连续监测和台站、自愿者观测、实验室在内的立体监测体系,建立并开展长江口——舟山群岛赤潮监控区监测工作,对长江口外海域进行高频率、高密度的监视监测,对监视监测的站、点以及项目、技术手段等进行改造和完善,逐步实现远距离、大面积、密集同步、长期连续、快速及时、高效准确的监测预警的总体目标,提高赤潮预警的准确率和赤潮发现率。

在赤潮监控与预警中,需要在手段和技术上,重点发展遥感技术(卫星遥感和航空遥感),探索开展赤潮统计预报,要开始统筹安排长江口各海洋环境监测站的赤潮监测内容。此外,远程诊断技术是一个值得发展与推广的应用技术,以便提高赤潮信息准确性和时效性。

3.2 建立赤潮信息管理系统,加强赤潮信息管理与服务

加强赤潮信息管理和服是赤潮监控与防治工作的一个重要环节,通过建立信息传输系统与管理制,使信息服务贯穿赤潮防治工作的全过程,向政府、社会公众、涉海企业、科学研究机构提供各类赤潮信息,提高防治赤潮灾害的成效。赤潮信息服务中,除要及时了解与掌握长江口近海海域的赤潮信息之外,还应加强对周边地区的赤潮信息了解与海产品(特别是贝类)原产地信息的管理,特别注意对水产品来源地、上市时间、来源地赤潮发生情况等档案的建立与管理工作。

3.3 建立海产品赤潮贝毒卫生检疫制度,加强有毒赤潮监控与防治

赤潮贝毒分布具有明显的区域性特征。1997~1998年对苏北沿岸扁玉螺、福氏玉螺及今年对广东、福建、浙江等地的织纹螺、贻贝等软体动物检测表明,其体内贝毒含量较高,会引起食用者中毒。2002年6月对上海几个水产品市场的贝类赤潮毒素抽检表明,上海市贝类的卫生安全食用情况也不容乐观。加强有毒赤潮监控与防治是世界各国对赤潮研究的普遍趋势。因此,有必要对来自赤潮发生水域的贝类海产品进行食品安全检测,应逐步实现海产品准入检验制度,加强水产品的市场监管,禁止、查堵受赤潮毒素污染的海产品市场流通,确保海产品食用安全。

赤潮贝毒检测技术目前只有生物小白鼠法较为成熟,HPLC和ELISA法在PSP和DSP检测中也有使用,而生物芯片等生物高新技术则尚未在业务化工作中加以应用。因此,对于赤潮业务化工作来说,赤潮贝毒检测技术是一个有待于突破的方面,而生物芯片技术应用是一个新的发展方向。

3.4 制定赤潮应急响应机制

赤潮发生常具有地点、时间、种类与面积等不确定性,因此有必要按照“及时发现、快速组织、连续跟踪”的原则,制定并编制赤潮灾害发生后的应急响应机制,初步形成赤潮灾害决策机制、指挥调度机制、灾害监控机制、医疗急救系统、财政支持机制和减灾措施方案等完整体系,成立赤潮防治领导小组。一旦发现赤潮,赤潮防治领导小组迅速做出应急决策,组织赤潮应急监测小组赶赴现场连续跟踪监测,并根据各单位职责,及时组织有关单位采取一系列切实可行的应急措施,形成统一指挥、反应快速、措施得力的应急防范机制和运行机制。

4 结语

纵观全球,海洋赤潮问题已引起人们的极大关注,尤其是有毒赤潮,越来越受到各个沿海国家的高度重视。中国环渤海和粤港地区均已加大投入力度,以各种形式抓紧开展赤潮预警和防治工作。长江口海域已面临严峻的赤潮发生形势,因而有必要开展长江口海域赤潮灾害的预警与防治工作,加大对赤潮灾害的防治力度。

参考文献:

- [1] 王金辉. 长江口邻近水域的赤潮生物[J]. 海洋环境科学, 2002, 21(2): 37-41.
- [2] 周名江, 朱明远, 张经. 中国赤潮的发生趋势和研究进展[J]. 生命科学, 2001, 13(2): 53-59.
- [3] 蔡燕红, 蒋晓山, 黄秀清. 舟山海域一次具齿原甲藻赤潮初探[J]. 海洋环境科学, 2002, 21(1): 42-45.
- [4] 王金辉. 中街山列岛海域赤潮应急监测[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2001, 20(1): 62-65.
- [5] 李茂田, 程和琴. 近50年来长江入海溶解硅通量变化及其影响[J]. 中国环境科学, 2001, 21(3): 193-197.
- [6] 沈志良, 刘群, 张淑美, 等. 长江和长江口高含量无机氮的主要控制因素[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(5): 465-473.
- [7] 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组. 长江三峡工程对生态与环境的影响及对策研究[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [8] 李道季, 张经, 黄大吉, 等. 长江口外氧的亏损[J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(8): 686-694.
- [9] 黄小平, 黄良民. 河口最大浑浊带浮游植物生态动力过程研究进展[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1527-1533.
- [10] 何文珊, 陆健健. 高浓度悬沙对长江河口水域初级生产力的影响[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(4): 24-27.
- [11] 沈志良. 三峡工程对长江口海区营养盐分布变化影响的研究[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(6): 540-546.
- [12] 沈焕庭, 茅志昌, 顾玉亮. 南水北调工程对长江口咸水入侵影响及对策研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(2): 150-154.
- [13] 王伟斐, 洪君超. 东海沿岸水域夏季沉积物中甲藻孢囊数量分布初探[J]. 海洋通报, 1994, 13(6): 53-59.

Red tides in the Yangtze River Estuary and adjacent sea areas: causes and mitigation

YE Shu-feng, JI Huan-hong, CAO Lian, HUANG Xiu-qing

(East China Sea Environmental Monitoring Center of State Oceanic Administration, Shanghai 200137, China)

Received: Oct., 9, 2003

Key words: causes of red tides; countermeasures of mitigation; Yangtze River Estuary and its adjacent sea areas

Abstract: The Yangtze River Estuary and adjacent sea areas are site to the most frequently occurring red tides in Chinese waters. Red tides have occurred frequently since the 1980s with an increasing number of causative species and harmful impacts. Furthermore, a toxic algal bloom of *Alexandrium* first occurred in the adjacent sea area of the Yangtze River Estuary in 2002. These occurrences can be directly related to regional environmental and biological conditions, estuary turbidity, several large-scale water conserving projects in the upper reaches of the river and global climate change. Simultaneously, Dinoflagellates resting spores, in the estuarine sea area are the causative species initiating new red tides. This data suggests that, in order to strengthen management and mitigation of red tides in this area, a solid monitoring system for harmful algal blooms, an information management system, a quarantine system for marine products possibly contaminated by habs and rapid-response system must be established.

(本文编辑:张培新)