长江口及其邻近海域赤潮时空分布研究

刘录三[1], 李子成[1*], 周娟[1], 郑丙辉[1], 唐静亮[2]

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 2. 浙江省舟山海洋生态环境监测站, 舟山 316000)

摘要: 收集了 1972 ~ 2009 年长江口及其邻近海域(29°25′ ~ 32°00′N、124°00′E 以西)所记载的赤潮事件, 基于 GIS 软件平台, 系统分析赤潮的时空分布规律, 并绘制长江口及邻近海域赤潮分布图. 分析表明: ①近 40 年来, 长江口及邻近海域赤潮发生多达 174 次, 暴发面积 > 1 000 km^2 的有 25 次. 赤潮发生核心区集中在长江口外佘山附近、花鸟山-嵊山-枸杞附近、舟山附近及朱家尖东部海域, 其发生频率呈明显上升趋势, 2000 年后尤为显著; ②从发生月份看, 该区域赤潮多发期集中在 5、6 月, 其中 5 月发生次数占总次数的 51%, 6 月占 20%; ③长江口及邻近海域的赤潮生物中, 东海原甲藻、中肋骨条藻、具齿原甲藻及夜光藻占优势地位, 发生次数分别为 38 次、35 次、15 次、10 次, 可以认为这 4 种藻类是该海域赤潮暴发的关键种.

关键词: 赤潮; 时空分布; 赤潮生物; 地理信息系统; 长江口及邻近海域

中图分类号: X55 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2011)09-2497-08

Temporal and Spatial Distribution of Red Tide in Yangtze River Estuary and Adjacent Waters

LIU Lu-san[1], LI Zi-cheng[1], ZHOU Juan[1], ZHENG Bing-hui[1], TANG Jing-liang[2]

(1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. Zhejiang Provincial Zhoushan Marine Ecological Environmental Monitoring Station, Zhoushon 316000, China)

Abstract: The events of red tide were collected in Yangtze River Estuary and adjacent waters from 1972 to 2009. Based on geographic information system (GIS) analysis on the temporal and spatial distribution of red tide, the distribution map was generated accordingly. The results show: ① There are three red tide-prone areas, which are outside the Yangtze River estuary and the eastern of Sheshan, Huaniaoshan-Shengshan-Gouqi, Zhoushan and the eastern of Zhujiajian. The red tide occurred 174 times in total, in which there were 25 times covered the area was larger than 1 000 km^2. After 2000, the frequency of red tide were significantly increasing; ② The frequent occurrence of red tide was in May (51% of total occurrence) and June (20% of total occurrence); ③ In all of the red tide plankton, the dominant species were *Prorocentrum danghaiense*, *Skeletonema costatum*, *Prorocentrum dantatum*, *Nactiluca scientillans*. The red tides caused by these species were 38, 35, 15, 10 times separately.

Key words: red tide; temporal and spatial distribution; red tide plankton; geographic information system (GIS); Yangtze River Estuary and adjacent waters

赤潮是海水中某些浮游藻类、原生动物或细菌在一定的环境条件下暴发性增殖或聚集在一起而引起海洋水体变色的一种生态异常现象. 根据赤潮生物的毒性作用一般可分为有毒赤潮与无毒赤潮两类, 前者是因其赤潮生物体内含有或分泌有毒物质, 从而对生态系统、渔业资源、海产养殖及人体健康等造成损害; 而后者则是因赤潮生物的大量增殖导致海域耗氧过度, 影响海洋生物生存环境, 进而破坏海域生态系统结构. 它集中体现了海水富营养化的情况, 是当今比较常见的一种海洋灾害.

早在 1810 年, 德国海湾就已有赤潮发生的记录, 1990 年 Uhlig 等[1] 对德国海湾自 1968 ~ 1988 年夜光藻引发的赤潮现象进行分析研究, 以此来了解赤潮的发生规律, 为以后的赤潮研究奠定了理论基础. 在我国, 由于赤潮数据较为分散, 所查阅文献多集中于单次赤潮或赤潮生物的研究, 而系统性分析海域赤潮发生特征的研究却比较欠缺. 为掌握赤潮发生的时空规律, 本研究选取长江口及其邻近海域(29°25′ ~ 32°00′N、124°00′E 以西)作为对象, 收集自 1972 年有赤潮发生记录以来近 40 年的相关资料, 并系统分析其发生的时空特征及原因种的类别, 探索其规律, 以期为制定有针对性的监控及预防措施提供理论基础.

长江口及其邻近海域是我国赤潮高发区之一[2], 这里长期受长江冲淡水以及台湾暖流的直接影响, 能够在特定的地点和季节形成有利于赤潮生物生长的环境条件, 如丰富的营养盐、充足的光照以及合适的温度等[3]; 长江口沿岸亦是我国经济发展

收稿日期: 2010-09-23; 修订日期: 2010-12-10
基金项目: 环保公益性行业科研专项(2008467041)
作者简介: 刘录三(1975 ~), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为水生生态与生物监测, E-mail: liulusan@sina.com
* 通讯联系人, E-mail: demi_0205@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

最为活跃的区域，人类活动频繁，导致水体中氮、磷含量明显高于其他海区[4]. 在充分收集长江口及邻近海域 1972 ~ 2009 年所记录的赤潮事件的基础上，利用 GIS 软件对其进行系统的分析，绘制长江口及邻近海域赤潮发生分布图，使相关数据可视化，有助于全面认识长江口及邻近海域赤潮发生特点，提高预测赤潮发生的准确性，并为管理部门的科学决策提供技术支撑.

1 我国赤潮研究状况

1.1 赤潮研究发展阶段

我国赤潮研究起步较晚，2001 年苏纪兰院士[5]将我国赤潮研究分为 3 个发展阶段. 在借鉴该划分的基础上，本研究从赤潮研究的内容入手，将我国的赤潮研究大致分为 4 个阶段: ① 认识阶段，即 1977 年之前: 处于仅对赤潮事件进行报道的时期. 我国最早记载赤潮的报道是在 1933 年原浙江水产实验场的出版物上，该赤潮发生于浙江镇海-台州、石浦海域[6]，查阅文献至 1977 年所见到的综述、报告及少量研究性论文，总计约 10 篇[7]; ② 探索阶段，1977 ~ 1989 年: 国家有关部委逐渐重视赤潮研究，其中大多数研究集中在赤潮生理生态及其成因方面，积累了一定的成果，可查到 60 余篇调查报告及论文[7]; ③ 发展阶段，1989 ~ 2000 年: 在这一时期赤潮问题受到了广泛的重视，国内学者开始以赤潮生理生态研究为基础，从不同角度对赤潮进行具有针对性的分析研究[5]，如: 国家自然科学基金委资助的“中国沿海典型增养殖区有害赤潮发生动力学及防治对策研究”课题即是专门针对增养殖区进行的赤潮研究; 除此之外，由于卫星遥感技术监测范围广和时效性强[8]，一些学者便尝试着将遥感应用于赤潮研究，但多数是基于相关理论对应用遥感可行性进行的论述; ④ 2000 年以后，遥感技术频繁应用于赤潮的探测、识别及分析研究中. 在该领域我国学者做出了积极的探索与尝试，如周为峰等[9]分析总结了应用 MODIS 进行赤潮遥感监测的几种主要方法，并提出 MODIS 在赤潮遥感监测中的优势和不足. 丁钟哲[10]利用人造卫星资料和 GIS 技术，采用海色算法和空间分析技术进行赤潮的探测与分析. 此外，赤潮的风险评估亦愈来愈受到重视，如赵冬至等[11]从海洋生态系统、海洋经济及人体健康等 3 个方面考虑，通过统计我国 2001 年前主要海区发生赤潮的规模(单次赤潮发生面积)、造成的经济损失及人员伤亡等信息来评判赤潮灾害的危害程度，并将赤潮危害程度分为 5 个级别; Wang 等[12]建立了赤潮危害程度的风险等级评价模型，其中涉及到的影响因素有赤潮生物分泌毒素浓度、赤潮生物细胞密度、赤潮发生面积、赤潮持续时间等.

1.2 长江口及邻近海域赤潮研究状况

长江口及邻近海域赤潮发生记录最早可追溯到 20 世纪 70 年代，该赤潮发生在 1972 年 8 ~ 11 月，海礁以东约 24 km^2 海区的范围内，赤潮生物为铁氏束毛藻(*Trichodesmium thiebautii* Gomont)，造成 8 月蛤鱼和鲜鱼大量减产. 徐韧等[13]收集了自 1986 ~ 1993 年长江口邻近海域、江苏南部及浙江省沿海区域(28°00′ ~ 34°00′N、124°00′E 以西)所记载的共 91 次赤潮发生事件，对主要赤潮现象做了综合概述，并归纳了赤潮多发区分布以及引起赤潮的生物种类; 齐雨藻等[14]将马鞍列岛北部的花鸟山和东南部的嵊山、枸杞一带海域划定为长江口及邻近海域赤潮的多发区.

目前，长江口及邻近海域赤潮的研究除了对某次或某一区域赤潮的发生变化进行分析外，更多的是探讨赤潮发生的影响因子及可能的作用机制，包括气候条件、水文条件、地理条件、生物状况及营养盐等，如黄秀清等[15]对长江口及其邻近海域赤潮多发区海水温度、盐度、DO 及 pH 进行研究，并分析了赤潮发生过程中上述要素的垂直分布变化与赤潮生物生物量的关系; 王金辉[2]对该海区赤潮生物进行描述并归纳总结，提供了较为全面的背景资料; 朱德弟[16]则研究了该海区赤潮高发时的水文条件特征.

2 长江口及邻近海域赤潮时空分布及特征

2.1 数据来源及分析方法

本研究的统计数据主要来源于国家及相关省市定期发布的相关公报[17 ~ 20]，以及长江口及其邻近海域有关赤潮研究的著作与科学论文[6,21 ~ 28]. 收集的数据资料在时间跨度上为 1972 ~ 2009 年，其中 1985 年以前我国赤潮发生时间的记录是不连续的，部分年份的赤潮数据记录缺失. 本研究通过对长江口及邻近海域赤潮发生的时空分布进行总结分析，并利用 ArcGIS 9.3 及 Excel 软件平台对相关数据进行处理，探讨赤潮的高发海域、发生频率、优势种类等，同时形成可视化图件.

2.2 赤潮发生的空间特征分析

在空间分布上，长江口及邻近海域(29°25′ ~ 32°00′N、124°00′E 以西)的赤潮主要集中于 3 个区域: 长江口佘山附近海域、花鸟山-嵊山-枸杞山附近

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

海域、舟山及朱家尖东部海域(如图 1). 经统计，该区域自 1972 ~ 2009 年赤潮事件记录在案的共有 174 次. 其中，赤潮发生面积记录不详的共 32 次，占总统计次数的 18.4%，发生面积 < 50 km^2 的共 44 次，50 ~ 100 km^2 的共发生 18 次，100 ~ 500 km^2 的共发生 41 次，500 ~ 1 000 km^2 的共发生 24 次，面积 > 1 000 km^2 的共发生 25 次(见表 1). 尤其在 1987 ~ 1990 年，连续 4 a 出现大面积赤潮，2000 年后除 2007 年未见 > 1 000 km^2 赤潮发生外，其余年份均有发现. 1972 ~ 2009 年间，赤潮发生面积最大的为 7 000 km^2，分别发生在 1990 年及 2000 年的舟山海域附近.

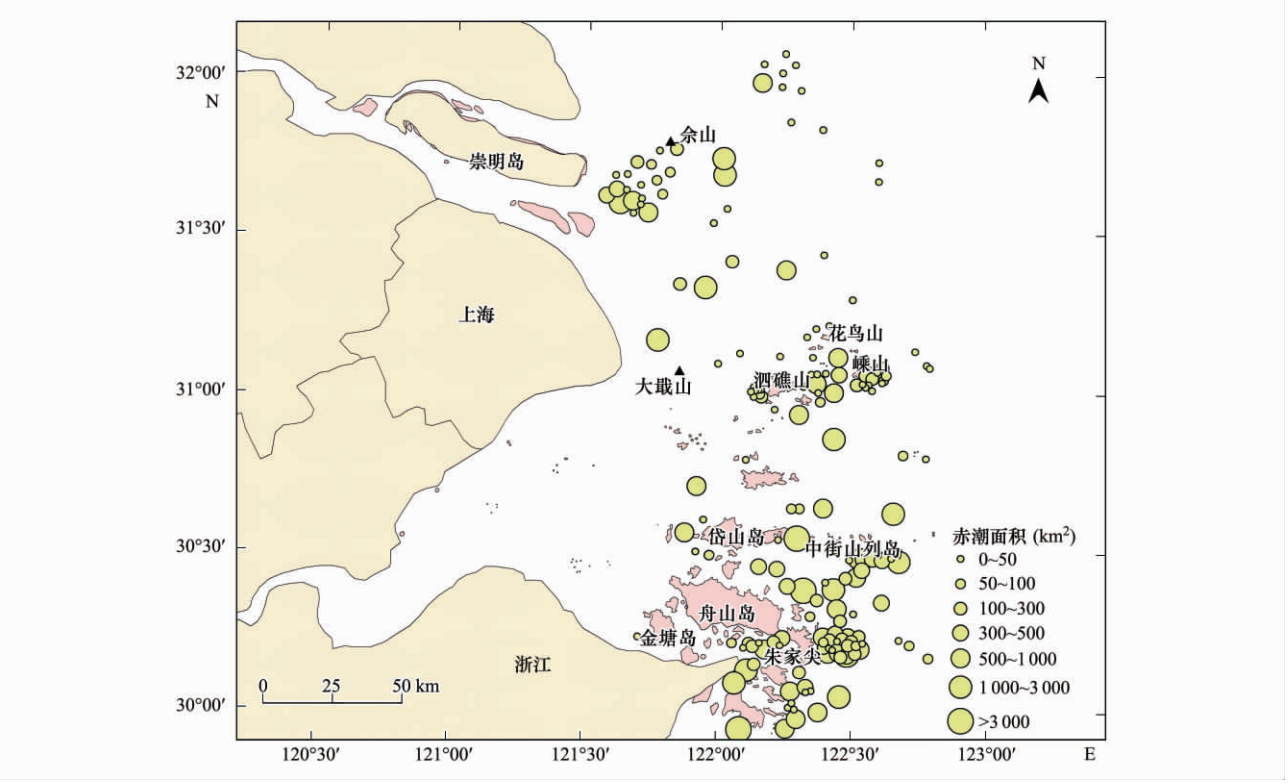

图 1　长江口及邻近海域赤潮发生事件分布(1972 ~ 2009)

Fig. 1　Distribution map of red tide in Yangtze River Estuary and adjacent waters

2.3　赤潮发生时间特征分析

2.3.1　赤潮发生年际变化特征

如图 2、3，长江口及邻近海域 70 年代有记载的赤潮共 2 次，分别为 1972 年发生在长江口外海礁以东的铁氏束毛藻赤潮和 1977 年发生在嵊泗县枸杞海域的颤藻赤潮; 80 年代共记录有 8 次赤潮事件，长江口外海域发生 5 次，花鸟山海域 1 次，舟山海域及朱家尖附近海域 3 次; 90 年代共发生赤潮 33 次，以 1993 年赤潮发生最为频繁，共发生 13 次，发生面积均小于 50 km^2; 自 2000 年，该海域赤潮发生明显趋于强烈，共记录有 126 次赤潮，其中，除 2000、2001、2007、2009 年外，其它 5 年赤潮发生均超过 10 次，从图 3 可以明显看到，在这一时期，赤潮密集分布于长江口外海区、嵊山海域东南及朱家尖东部海域.

2.3.2　赤潮发生年内特征

长江口及其邻近海域赤潮发生有明显的季节规律(图 4)，发生月份最早的赤潮事件是 2008 年 3 月 14 日(春季) 嵊山东南海域的东海原甲藻赤潮; 最晚月份的赤潮发生于 2007 年 9 月 29 日(秋季) 舟山东

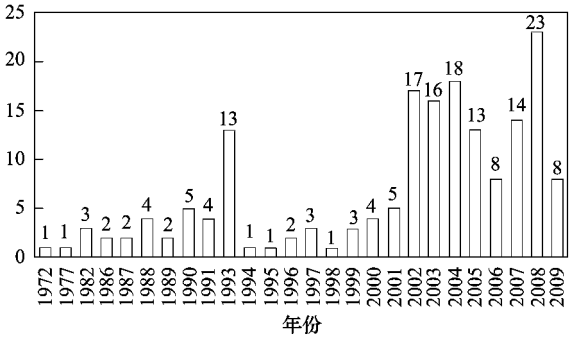

图 2　长江口及邻近海域赤潮发生次数

Fig. 2　Number of red tide occurence in Yangtze River Estuary and adjacent waters

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 1972 ~ 2009 年长江口及邻近海域较大规模赤潮发生时间表(面积≥1 000 km^2)

Table 1 Diagram of the occurence of red tide in Yangtze River Estuary and adjacent waters (1972–2009)

年份	起始时间(月-日)	范围	面积/km^2	赤潮生物及密度
1987	7 月	长江口外东北海域	1 000	中肋骨条藻 10^4 个/L
1988	06-13	长江口外海域	1 400	夜光藻
	07-13	嵊山岛附近海域	1 000	骨条藻 10^6 个/L
	07-17	长江口外海域	1 700	夜光藻
1989	07-13	舟山群岛	1 000	骨条藻 10^9 个/L
1990	05-10	台州列岛-六横-桃花岛	7 000	不详
	5 月底	长江口-绿华山	2 700	骨条藻
2000	05-18	舟山附近	7 000	具齿原甲藻 1.2×10^8 个/L
2001	05-10	中街山列岛	2 000	不详
2002	05-03	虾峙门附近	100 ~ 2 000	具齿原甲藻 10^7 个/L 亚历山大藻 10^5 个/L
	05-10	中街山列岛附近	1 000	不详
2003	05-06	朱家尖岛外侧	1 000	东海原甲藻
	05-19	长江口外	1 000	具齿原甲藻 1.2×10^7 个/L
	05-21	中街山列岛附近	1 000	东海原甲藻 1.8×10^7 个/L
	06-25	长江口外海域	1 000	中肋骨条藻 1.6×10^7 个/L
2004	05-16	普陀山正东,东北及中街山北部	2 000	东海原甲藻
	05-20	黄大洋-岱衢洋	3 000 ~ 4 000	不详
	06-11	长江口外-花鸟山-嵊山	1 000	中肋骨条藻 4.0×10^7 个/L
2005	05-28	朱家尖东部	5 000	米氏凯伦藻
	06-02	长江口海域	2 000	中肋骨条藻 8.6×10^6 个/L 聚生角刺藻 2.3×10^6 个/L 具齿原甲藻 3.6×10^6 个/L 米氏凯伦藻 1.8×10^6 个/L
	06-08	桃花-虾峙岛-韭山列岛	2 000	具齿原甲藻 6.4×10^5 个/L 米氏凯伦藻 3.2×10^6 个/L
2006	05-04	朱家尖-六横东南	1 000	东海原甲藻 米氏凯伦藻 链状亚历山大藻
2008	05-07	舟山东福山-渔山列岛南部	2 100	不详
	05-16	朱家尖东北-中街山列岛-嵊山-花鸟山附近	2 600	东海原甲藻 8.5×10^5 ~ 7.25×10^6 个/L
2009	05-19	舟山北部	1 500	不详

北海域的中肋骨条藻赤潮. 在近 40 年该海域累计发生的 174 次赤潮中,3 月发生量占总次数的 2%,为赤潮发生最少月份; 其次为 9 月,发生比例为 3%; 赤潮发生最为频繁的是在 5 月,占赤潮数量的一半以上,6 月次之,占发生比例的 20%. 可见,长江口及邻近海域赤潮多发生在春夏两季,因这两季海域的温度适宜,有利于赤潮生物的生长繁殖.

2.4 引起赤潮发生的生物分布特征

从长江口及其邻近海域在 1972 ~ 2009 年期间的主要赤潮种类分布(表 2)可以看出,在该海域引起赤潮暴发的原因种中,最具优势的是东海原甲藻(*Prorocentrum danghaiense* Lu),共记录 38 次,且皆发生在 2003 年以后; 其次为中肋骨条藻(*Skeletonema costatum* Cleve)引发赤潮 35 次,具齿原甲藻(*Prorocentrum dantatum*) 15 次,且均在 2000 年以后; 夜光藻(*Nactiluca scientillans* kafoid et Sweay) 10 次; 没有记录赤潮暴发原因种的共 49 次,占所有累计赤潮事件的 28.2%.

上述结果表明,长江口及邻近海域赤潮发生在数量上不断增加的同时,引发赤潮形成的原因种也处于不断演变当中. 2000 年前导致该区域赤潮发生的主要物种为中肋骨条藻及夜光藻,伴随一些海洋原甲藻(*Prorocentrum micans* Ehrenberg)、颤藻(*Oscillatoria*)等. 2003 年后,东海原甲藻已成为该海区最为显著的赤潮原因种,且每年该类赤潮均有发生.

从主要赤潮藻的发生区域分布图看(如图 5),东海原甲藻多分布于花鸟山-嵊山-枸杞海域及朱家

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　长江口及邻近海域赤潮生物发生频率

Table 2　Frequency of red tide organisms in Yangtze River Estuary and adjacent waters

赤潮藻	年份																									总和
	1972	1977	1982	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
东海原甲藻 *Prorocentrum danghaiense*																			5	8	2	7		16		38
中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*					1		2	2	1								1	4	4	4	6		5	3	2	35
具齿原甲藻 *Prorocentrum dantatum*																1		9	1	2	2					15
夜光藻 *Nactiluca scientillans*			3	1	1	3							1										1			10
菱形裸甲藻 *Gymnodinium rhomboides* Schutt								1	2																	3
米氏凯伦藻 *Karenia mikimotoi* Hansen																					2	1				3
扁面角毛藻 *Chaefoceros compressus*																							3			3
链状亚历山大藻 *Alexandrium catenella* Balech																					2					2
海洋原甲藻 *Prorocentrum micans* Ehrenberg				1					1																	2
颤藻 *Oscillatoria*		1																								1
环状异甲藻 *Heterocapsa circularisquama*																			1		1					2
尖刺拟菱形藻 *Pseudo-nitzschiq seriata* Peragallo																							1			1
尖叶原甲藻 *Prorocentrum triestinum*																	1									1
尖刺菱形藻 *N. pungens* Grunow															1											1
叉角藻 *Ceratium furca* Claparede et Lachmann																								1		1
梭角藻 *Ceratium fusus*																									1	1
铁氏束毛藻 *Trichodesmium thiebautii* Gomont	1																									1
微型绿藻 *Chlorophyta*																			1							1
原甲藻 *Prorocentrales*																	1	1								2
中缢虫 *Mesodinium rubrum* Lohmann															1											1
棕囊藻 *Phaeocystis*																								1		1
未鉴定								1	13			2	1	1	1	3	2	5	4	5			3	3	5	49

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

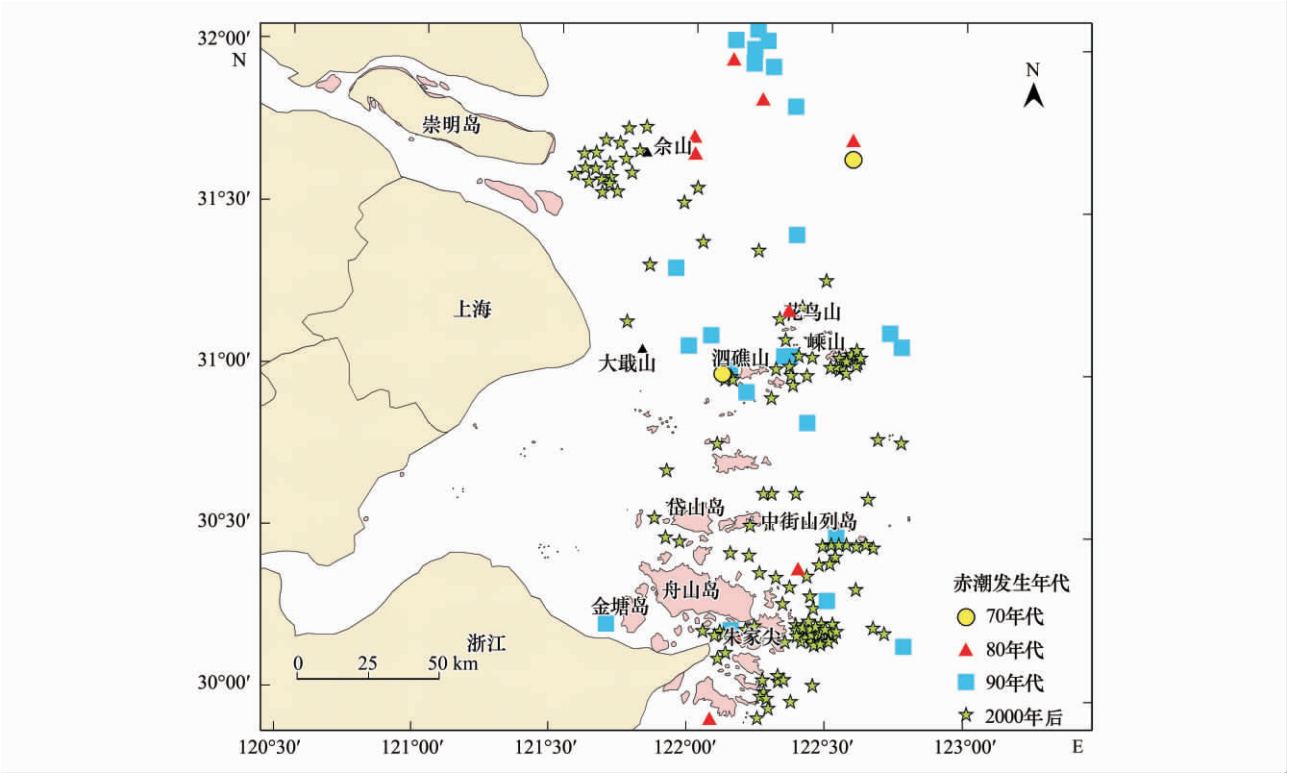

图 3 长江口及邻近海域赤潮发生年代分布

Fig. 3 Occurence time of red tide in Yangtze River Estuary and adjacent waters

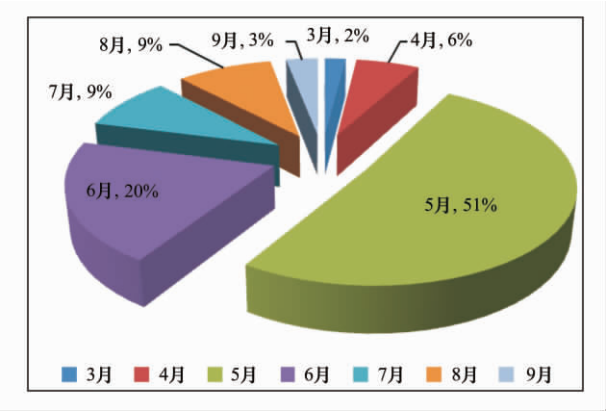

图 4 长江口及邻近海域不同月份赤潮发生次数比例

Fig. 4 Proportion of red tide in each month in Yangtze River Estuary and adjacent waters

尖东部海域;中肋骨条藻则分布于长江口外海域,在其他海域则是零星分布;具齿原甲藻在各区域均有分布,可见其适应性较强,在多种环境下都能大量繁殖;夜光藻多分布于长江口佘山以东区域.赤潮生物具有明显的地域性分布特征,与其所处的海洋环境以及生物本身的生活习性密切相关.

3 结论

(1) 通过对长江口及邻近海域 1972 ~ 2009 年近 40 年赤潮事件的收集总结与处理分析,发现该海域发生的 174 次赤潮事件中,在空间分布、时间分布及引发赤潮的原因种分布上均具一定的变化规律.

(2) 空间分布上,该海域赤潮多发区位于长江口外佘山附近海域、花鸟山-嵊山-枸杞山附近海域、舟山海域及朱家尖东部海域,且发生规模以 < 50 km^2 和 100 ~ 500 km^2 的面积为主.对于大面赤潮(面积 > 1 000 km^2),除 80 年代少量出现外,多集中在 2000 年后.

(3) 时间分布上,长江口及邻近海域赤潮发生年际变化表现为:2000 年后赤潮发生次数激增,连续 5 a 均发生在 10 次以上,且长江口附近海域赤潮发生频次在这一时期明显增多;此外,该区域 5、6 月为赤潮的高发月,这 2 个月发生的赤潮占所记录赤潮数的 70% 以上.

(4) 长江口及邻近海域引发赤潮的原因种中,具有明显优势的是东海原甲藻、中肋骨条藻、具齿原甲藻、夜光藻等,且在空间分布上呈现一定的规律:东海原甲藻在长江口外佘山附近基本无分布,而中肋骨条藻占优势地位;具齿原甲藻分布比较均匀;夜光藻多发于长江口外佘山以东海域.

致谢:感谢中国科学院海洋研究所周名江老师

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

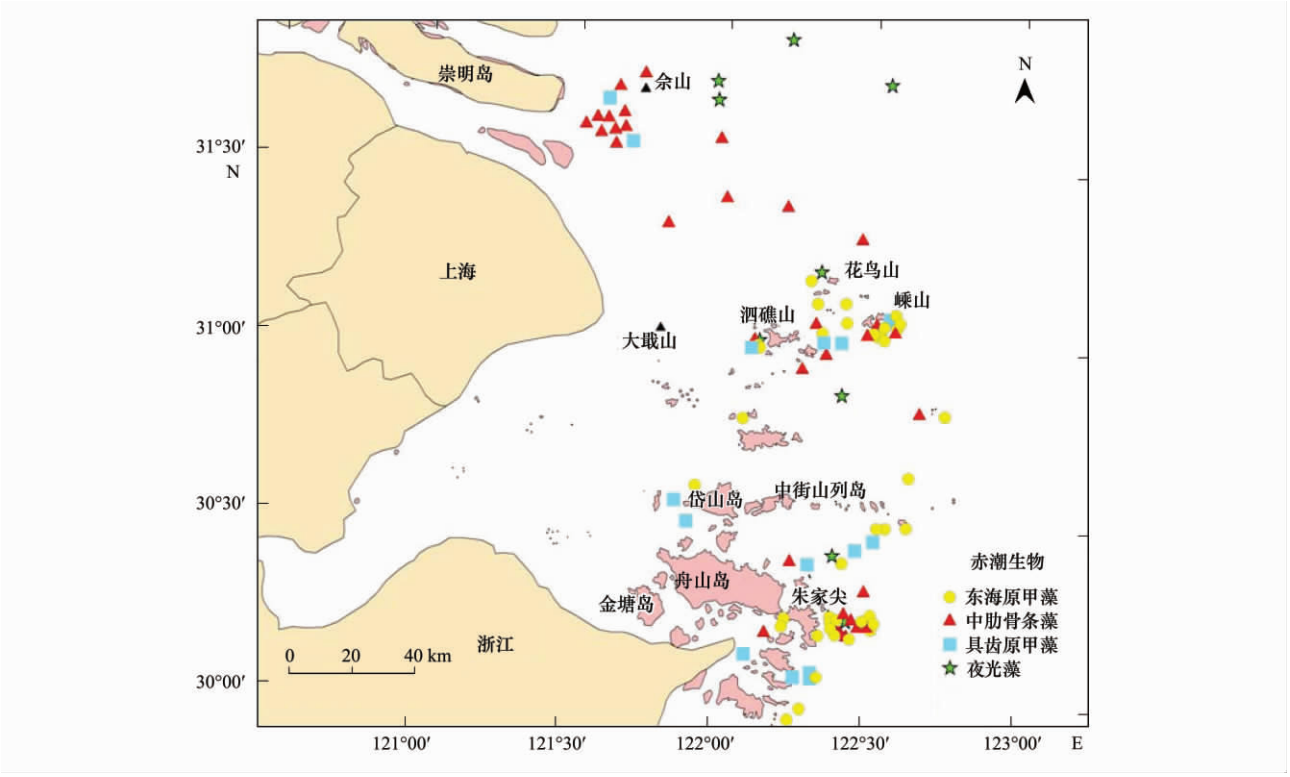

图 5　长江口及邻近海域主要赤潮生物分布

Fig. 5　Distribution map of red tide organisms in Yangtze River Estuary and adjacent waters

提供的历年《中国近海环境质量年报》(1986～1997)等资料；感谢浙江省舟山海洋生态环境监测站提供《浙江省海洋环境质量公报》(1986～2008)相关资料，谨致谢忱.

参考文献：

[1] Uhlig G, Sahling G. Long-term studies on *Noctiluca scintillans* in the German Bight population dynamics and red tide phenomena 1986-1988 [J]. Netherlands Journal of Sea Research, 1990, **25**(1/2): 101-112.

[2] 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.

[3] 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): 54-59.

[4] 黄良民, 黄小平, 宋星宇, 等. 我国近海赤潮多发区域及其生态学特征 [J]. 生态科学, 2003, **22**(3): 252-256.

[5] 苏纪兰. 中国的赤潮研究 [J]. 中国科学院院刊, 2001, **16**(5): 339-342.

[6] 华泽爱. 中国海域的赤潮及对策 [J]. 海洋通报, 1989, **8**(1): 108-113.

[7] 梁松, 钱宏林. 我国的赤潮研究现状与分析 [J]. 海洋信息, 1995, **11**: 14-16.

[8] 王其茂, 马超飞, 唐军武, 等. EOS/MODIS 遥感资料探测海洋赤潮信息方法 [J]. 遥感技术与应用, 2006, **21**(1): 6-10.

[9] 周为峰, 樊伟. 应用 MODIS 进行赤潮遥感监测的研究进展 [J]. 遥感技术与应用, 2007, **22**(6): 768-772.

[10] 丁钟哲. 利用卫星资料和 GIS 的赤潮空间分析 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2005, **17**(6): 76-80.

[11] 赵冬至. 我国赤潮灾害分布规律与卫星遥感探测模型 [D]. 上海: 华东师范大学, 2004.

[12] Wang J H, Wu J Y. Occurrence and potential risks of harmful algal blooms in the East China Sea [J]. Science of the Total Environment, 2009, **407**: 4012-4021.

[13] 徐韧, 洪军超, 王桂兰, 等. 长江口及其邻近海域的赤潮现象 [J]. 海洋通报, 1994, **13**(5): 25-29.

[14] 齐雨藻. 中国沿海赤潮 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[15] 黄秀清, 蒋晓山, 王桂兰, 等. 长江口中肋骨条藻发生过程环境要素分析: 水温、温度、DO 和 pH 特征 [J]. 海洋通报, 1994, **13**(4): 36-40.

[16] 朱德弟, 潘玉球, 许卫忆. 长江口外赤潮频发海区水温分布特征分析 [J]. 应用生态学报, 2003, **14**(7): 1131-1134.

[17] 全国海洋环境污染监测网办公室. 中国近海海域环境质量年报 [R]. 1986-2000.

[18] 国家海洋局. 中国海洋灾害公报 [R]. 1990-2009.

[19] 浙江省海洋与渔业局. 浙江省海洋环境质量公报 [R]. 1986-2008.

[20] 上海市海洋局. 上海市海洋环境质量公报 [R]. 1986-2008.

[21] 符文侠, 黄文祥. 中国沿海赤潮 [J]. 海洋与海岸带开发, 1993, **10**(4): 67-71.

[22] 许建平. 浙江沿岸的赤潮灾害及防治对策 [J]. 东海海洋, 1992, **10**(3): 30-37.

[23] 沈竑, 洪君超, 张开富, 等. 中肋骨条藻赤潮发生过程中微量元素 Fe、Mn 作用的研究 [J]. 暨南大学学报(自然科学版),

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1995, **16**(1): 131-149.

[24] 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.

[25] 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.

[26] 唐静亮, 毛宏跃, 过美蓉. 浙江北部海域的具齿原甲藻赤潮分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2005, **24**(4): 330-345.

[27] 费岳军, 蒋红. 舟山朱家尖海域角毛藻赤潮与环境因子关系的研究[J]. 海洋环境科学, 2008, **17**(Supp. 1): 38-41.

[28] 叶君武, 周丽琴, 陈淑琴, 等. 舟山海域赤潮气象因子特征分析[J]. 海洋预报, 2009, **26**(4): 76-82.

《环境科学》征稿简则

1. 来稿报道成果要有创新性, 论点明确, 文字精炼, 数据可靠. 全文不超过8 000字(含图、表、中英文摘要及参考文献). 国家自然科学基金项目、国家科技攻关项目、国际合作项目或其它项目请在来稿中注明(在首页以脚注表示). 作者投稿时请先登陆我刊网站(www.hjkx.ac.cn)进行注册, 注册完毕后以作者身份登录, 按照页面给出的提示信息投稿即可.

2. 稿件请按GB 7713-87《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》中学术论文的规范撰写. 论文各部分的排列顺序为: 题目; 作者姓名; 作者工作单位、地址、邮政编码; 中文摘要; 关键词; 中图分类号; 英文题目; 作者姓名及单位的英译名; 英文摘要; 关键词; 正文; 致谢; 参考文献.

3. 论文题目应简练并准确反映论文内容, 一般不超过20字, 少用副标题.

4. 中文摘要不少于300字, 以第三人称写. 摘要内容包括研究工作的目的、方法、结果(包括主要数据)和结论, 重点是结果和结论. 英文摘要与中文对应, 注意人称、时态和语言习惯, 以便准确表达内容.

5. 前言包括国内外前人相关工作(引文即可)和本工作的目的、特点和意义等. 科普知识不必赘述.

6. 文中图表应力求精简, 同一内容不得用图表重复表达, 要有中英文对照题目. 图应大小一致, 曲线粗于图框, 图中所有字母、文字字号大小要统一. 表用三线表. 图表中术语、符号、单位等应与正文一致.

7. 计量单位使用《中华人民共和国法定计量单位》(SI). 论文中物理计量单位用字母符号表示, 如mg(毫克), m(米), h(小时)等. 科技名词术语用国内通用写法, 作者译的新名词术语, 文中第一次出现时需注明原文.

8. 文中各级标题采用1, 1.1, 1.1.1的形式, 左起顶格书写, 3级以下标题可用(1), (2)……表示, 后缩2格书写.

9. 文中外文字母、符号应标明其大小写, 正斜体. 生物的拉丁学名为斜体. 缩略语首次出现时应给出中文全称, 括号内给出英文全称和缩略语.

10. 未公开发表资料不列入参考文献, 可在出现页以脚注表示. 文献按文中出现的先后次序编排. 常见文献书写格式为:

期刊: 作者(外文也要姓列名前). 论文名[J]. 期刊名, 年, 卷(期): 起页-止页.

图书: 作者. 书名[M]. 出版地: 出版社, 年. 起页-止页.

会议文集: 作者. 论文名[A]. 见(In): 编者. 文集名[C]. 出版地: 出版社(单位), 年. 起页-止页.

学位论文: 作者. 论文名[D]. 保存地: 保存单位, 年份.

报告: 作者. 论文名[R]. 出版地: 出版单位, 出版年.

专利: 专利所有者. 专利题名[P]. 专利国别: 专利号, 出版日期.

11. 来稿文责自负, 切勿一稿多投. 编辑对来稿可作文字上和编辑技术上的修改和删节. 在3个月内未收到本刊选用通知, 可来电询问.

12. 投稿请附作者单位详细地址, 邮编, 电话号码, 电子邮箱等. 编辑部邮政地址: 北京市2871信箱; 邮编: 100085; 电话: 010-62941102, 010-62849343; 传真: 010-62849343; E-mail: hjkx@rcees.ac.cn; 网址: www.hjkx.ac.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net