

文章编号: 1674-5566(2009)02-0206-06

我国海域赤潮时空分布及其与厄尔尼诺的关系

何春良, 杨 红

(上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘 要:根据 1933—2007 年间我国海域赤潮发生的相关记录和数据, 分析了我国海域赤潮发生的年际变化特征, 探讨了厄尔尼诺对我国海域赤潮发生的影响。研究表明: (1) 1933—2007 年间我国海域赤潮发生经历了 3 个高峰期, 其中赤潮发生次数的 3 个高峰期为 1991 年、2001 年和 2003 年, 发生次数分别达到 50、79 和 119 次; 赤潮发生面积的 3 个高峰期为 1991 年、2001 年和 2005 年, 发生面积分别达到 $1.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 和 $2.707 \times 10^4 \text{ km}^2$, 赤潮发生次数和面积均呈现明显的波动式增长趋势。(2) 2000—2007 年 4 个海域发生的赤潮次数: 东海 > 渤海 > 南海 > 黄海; 2000—2007 年 4 个海域赤潮发生面积: 东海 > 渤海 > 黄海 > 南海。(3) 1999—2007 年厄尔尼诺对赤潮发生次数有显著的影响, 4 个海域赤潮发生次数与厄尔尼诺的相关程度不同: 东海 > 南海 > 渤海 > 黄海。(4) 1977—2007 年发生的 10 次厄尔尼诺事件对厄尔尼诺年的次年我国海域赤潮发生的次数有比较显著的影响。

关键词:赤潮; 厄尔尼诺; 时空分布

中图分类号: P 76; S 944.3 **文献标识码:** A

Space-time distribution of red tide events in China and its relationship with the El Niño

HE Chun-liang, YANG Hong

(College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the number and area of the red tide events from 1933 to 2007, its annual variation in China Seas is analyzed. The conclusion is as follows: (1) The number and the area of the red tide events from 1933 to 2007 go through three high level period. Three high level periods on frequency of the red tide events are in 1991, 2001 and 2003, with 50, 70 and 119 times. Three high level periods on its area are in 1991, 2001, 2005, with $1.1 \times 10^4 \text{ km}^2$, $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ and $2.707 \times 10^4 \text{ km}^2$. Both frequency and the area showed wavy rising. (2) The number of red tide events in the China Sea is the East China Sea > the South China Sea > the Bohai Sea > the Yellow Sea and area of red tide events is the East China Sea > the Bohai Sea > the Yellow Sea > the South China Sea. (3) El Niño has evidently influenced to frequency of red tide events in China Sea from 1999—2007, and it's different in the China sea: the East China > the South China Sea > the Bohai Sea > the Yellow Sea. (4) The influence is evident of the ten El Niño events on the red tide events from 1977 to 2007.

Key words: red tide events; El Niño; space-time distribution

收稿日期: 2008-05-30

基金项目: 上海近海海洋综合调查与评价(上海市 998 专项, P11-02-01-03) Publishing House. All rights reserved. <http://www.c>

作者简介: 何春良(1983—), 男, 浙江省江山人, 硕士研究生, 专业方向为水域环境监测与保护。E-mail: chlh@smail.shou.edu.cn

通讯作者: 杨 红, E-mail: hyang@shou.edu.cn

目前,赤潮已成为一种世界性的海洋生态灾害。赤潮的发生不仅破坏了海洋的正常生态结构,还会引起海洋生物中毒死亡,同时对水产品质量构成威胁。随着中国沿海区域经济的快速发展,赤潮的发生越来越频繁,由此带来的潜在海洋生态风险逐渐增大。本文通过近几十年赤潮数据分析,特别是对1986年以来我国海域赤潮发生的时空分布特征进行研究,并通过期间的厄尔尼诺事件与赤潮发生的关系分析,以期掌握赤潮发生规律,为开展赤潮预警提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 数据来源

我国海域赤潮的年际变化分析用的赤潮数据主要有1933—1976年赤潮的次数和面积的模糊记录数据、1977—2007年赤潮的次数和面积的记录及2001—2007年有毒赤潮等的记录数据。上述赤潮记录数据来源于与赤潮研究、监测相关的报告等文献^[1-3]。

以厄尔尼诺3-4区的月平均海表温度距平值(SSTA)来表示厄尔尼诺3-4指数^[4]的1986年1月—2001年12月数据,来源于美国国家海洋与大气局气候预报中心(NOAA Climate Prediction Center)^[5]。

1.2 研究方法

1.2.1 厄尔尼诺年的定义

依据NOAA发布的ENSO现象定义^[6],厄尔尼诺3-4区(5°N~5°S 120°W~170°W)的温度距平值连续3个月超过+0.5℃,同时南方涛动指数SOI(塔希提岛与澳大利亚的达尔文的气压差)在此期间小于-1.0,则认为发生了厄尔尼诺事件,厄尔尼诺事件开始的年份定为厄尔尼诺年。

1.2.2 点双列相关法^[7]

通过点双列相关法^[8]分析厄尔尼诺与赤潮的相关关系。厄尔尼诺与赤潮发生次数(或面积)的相关系数:

$$r_{pi} = \frac{Y_p - Y_q}{S_y} \sqrt{pq} \quad (1)$$

Y为厄尔尼诺发生次年赤潮发生次数(面积)相对于当年的变化率:

$$Y = \frac{\left| \text{次年发生次数(面积)} - \text{当年发生次数(面积)} \right|}{\text{当年发生次数(面积)}} \times 100\% \quad (2)$$

当厄尔尼诺年的次年赤潮发生次数(面积)大于当年赤潮发生次数(面积)时,变化率为增加的变化率,反之为减少的变化率;Y_p为统计年间次年赤潮次数(面积)增多的变化率的平均值;Y_q为统计年间次年赤潮次数(面积)减少的变化率的平均值;p为统计年间次年赤潮次数(面积)增多的次数占全部次数的比值;q为统计年间次年赤潮次数(面积)减少的次数占全部次数(面积)的比值;S_y为统计年份各个变化率的标准差:

$$S_y = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{N}} \\ = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{N} - \bar{X}^2} \quad (3)$$

分析了赤潮总体的发展趋势。通过比较1986年以来厄尔尼诺发生的当年、次年和结束后的一年的赤潮发生情况,分析了厄尔尼诺对赤潮的影响特征,以及形成的原因。

1.2.3 赤潮与厄尔尼诺相关程度分级

根据相关分析,将厄尔尼诺与赤潮的相关程度分为4个等级:

相关系数	相关程度
0.00— ±0.09	不相关
±0.10— ±0.50	微相关
±0.51— ±0.80	中等相关
±0.81— ±1.00	高相关

2 结果与分析

2.1 赤潮发生的年际特征

从图 1 中可以看出, 1933—2007 年的过程中, 赤潮发生次数呈现明显的波动式增长趋势, 赤潮发生次数出现了 3 个高峰期, 分别为 1991、2001、2003 年, 发生次数分别为 50、79、119。1933—2007 年赤潮发生面积与赤潮发生次数有着相同的趋势, 都是波动式增长, 也经历了 3 个高峰期, 分别为 1991、2001、2005 年, 面积分别为 $1.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、 $2.707 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。1933—2007 年间赤潮发生经历的

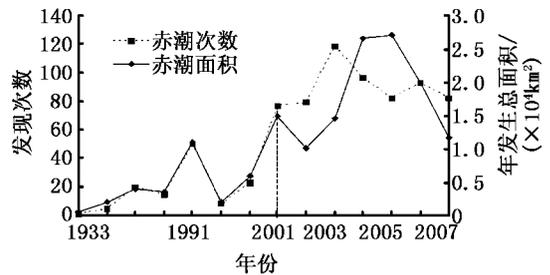


图 1 赤潮发生的年际特征

Fig 1 Trend of red tide events from 1933 to 2007

3 个高峰期中, 从有赤潮记录以来到第一次达到峰值, 花了 60 年左右的时间, 到第二次峰值只花了 10 年, 而到第三次峰值才用了两年左右的时间。从图 1 和表 1 中可以看到, 赤潮在 2001 年之后的发生频率明显增加, 2001 年之前, 赤潮发生总次数 383 次, 平均赤潮发生次数是 20 次/年, 赤潮发生面积在 10^2 km^2 和 10^3 km^2 之间的赤潮次数 57 次, 赤潮发生面积大于 10^3 km^2 的赤潮次数是 17 次; 2001 年之后, 赤潮发生总次数 628 次, 平均赤潮发生次数 90 次/年, 赤潮发生面积 10^2 km^2 至 10^3 km^2 的赤潮次数达到 153 次, 是 2001 年之前总次数的 3 倍还要多, 2001 年之后赤潮发生面积在 10^3 km^2 的赤潮次数是 41 次, 是 2001 年之前总次数的 2 倍多。

表 1 2001 年前后赤潮发生情况对比

Tab 1 The comparison of characteristics of HAB between the years before 2001 and the years after

	1933—2000 年赤潮	2001—2007 年赤潮
赤潮发生总次数	383	628
$10^2 \text{ km}^2 \leq \text{面积} < 10^3 \text{ km}^2$	57 (14.9%)	153 (19.6%)
面积 $\geq 10^3 \text{ km}^2$	17 (4.7%)	41 (6.5%)
赤潮多发区	渤海的辽东湾、东海的长江口和杭州湾外侧的嵎泗和花鸟山附近以及南海的珠江口东侧以及粤东近岸	长江口及浙江中南部海域
赤潮多发期	3—9 月	5—6 月
有毒赤潮	基本没有发现	发生次数和面积呈明显的上升趋势

从图 2 中可以得到, 四个海域中, 以东海赤潮最为严重, 2000—2007 年东海赤潮发生总次数和总面积分别占我国海域赤潮总次数和总面积的 64% 和 60%。2000—2007 年四个海域赤潮发生次数排序为: 东海 > 渤海 > 南海 > 黄海, 四个海域赤潮发生面积排序为: 东海 > 渤海 > 黄海 > 南海。2000—2007 年期间, 4 个海域赤潮发生次数和面积变化不同: 东海赤潮的发生次数先增加, 在 2003 年达到高峰后, 开始回落, 然后稳定在 50 次/年左右的水平, 东海赤潮发生面积先增大, 在 2004 和 2005 年达到高峰后开始逐年回落; 渤海赤潮发生次数在 2001 年达到峰值后就一直在减少, 渤海赤潮发生面积先减小, 在 2002 和 2003 年达到一个低谷后, 又在 2004 年达到峰值后开始逐年回落; 南海赤潮发生次数比较稳定, 一直在 10 次/年的水平上波动, 南海赤潮发生面积先逐年增大, 在 2004 年达到峰值后开始回落; 黄海赤潮发生次数在 7 次/年的水平上波动, 黄海赤潮发生面积与黄海赤潮发生次数相似。

2.2 厄尔尼诺对我国赤潮的影响

2.2.1 厄尔尼诺与我国赤潮发生次数的相关性分析

从 1986—2007 年的厄尔尼诺 3.4 区指数曲线和赤潮年发生次数的曲线比较可知 (图 3), 厄尔尼诺 3.4 区指数变化与赤潮曲线波动非常相似, 特别是在 1999 年之后我国海域赤潮次数显著增加的情况下尤其明显。1999 年之后, 厄尔尼诺 3.4 区指数曲线与赤潮发生次数曲线拟合非常好。对 1999 年之后的赤潮发生次数与厄尔尼诺 3.4 区指数进行回归分析 (图 4), 可以看到有比较好的线性相关, 相关系数达到 0.849, 为显著相关。

厄尔尼诺 3.4 区指数与我国四大海域赤潮发生次数的相关性各有不同 (图 5); 渤海赤潮发生次数与厄尔尼诺 3.4 区指数的相关系数为 0.394, 相关性较弱; 黄海赤潮发生次数与厄尔尼诺 3.4 区指数的相关系数为 0.068, 基本为不相关; 东海赤潮发生次数与厄尔尼诺 3.4 区指数的相关系数为 0.650, 相关性较显著; 南海赤潮发生次数与厄尔尼诺 3.4 区指数的相关系数为 0.613, 相关性也是较显著。

2.2.2 厄尔尼诺事件发生对次年我国赤潮发生次数的影响

根据厄尔尼诺年的定义, 对 1977—2007 年厄尔尼诺 3.4 区指数分析, 得到在此期间 1977 年、1979 年、1982 年、1986 年、1991 年、1993 年、1994 年、2002 年和 2004 年为厄尔尼诺年。通过点双列相关法, 对厄尔尼诺年与次年赤潮发生次数变化率进行相关分析, 可知厄尔尼诺年与次年赤潮发生次数变化率的相关系数为 0.563, 为中等相关等级, 即厄尔尼诺事件对次年赤潮次数增多有较显著影响。通过点双列相关法, 对厄尔尼诺年与次年赤潮发生面积进行相关分析, 可知厄尔尼诺年与次年赤潮发生面积变化率的相关关系为 0.233, 为微相关等级, 即研究年份厄尔尼诺年的次年赤潮发生面积相对于当年赤潮发生面积增加, 但增加不明显。

通过比较研究年份厄尔尼诺发生的当年、次年和结束后一年的赤潮发生次数情况可知, 在厄尔尼诺发生的当年, 我国海域的赤潮发生次数处于较低水平, 于次年一般达到较高水平, 到厄尔尼诺结束后一年又恢复到较低的水平。1993 和 1994 年厄尔尼诺事件之间相互影响, 1993 年的次年就是 1994 年的当年, 所以应属例外情况。

3 讨论

厄尔尼诺事件会通过大气遥响应过程, 使我国气候产生异常^[8]。陈美榕^[1]等研究发现厄尔尼诺发

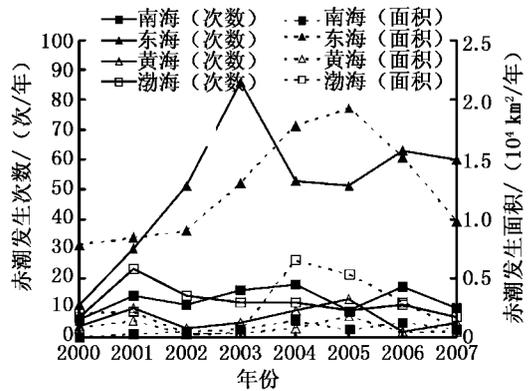


图 2 2000—2007 年赤潮我国四大海域发生次数和面积
Fig 2 Number and area of red tide events in China Sea

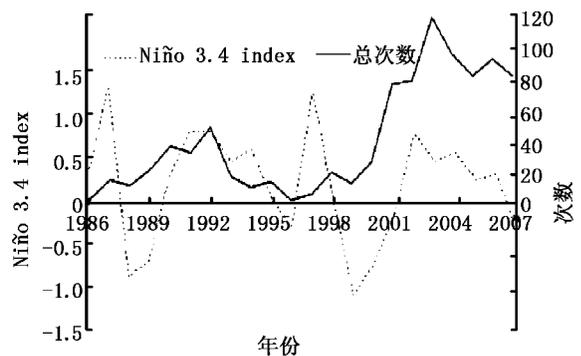


图 3 1986—2007 年厄尔尼诺 3.4 区指数曲线
Fig 3 Niño 3.4 index from 1986—2007

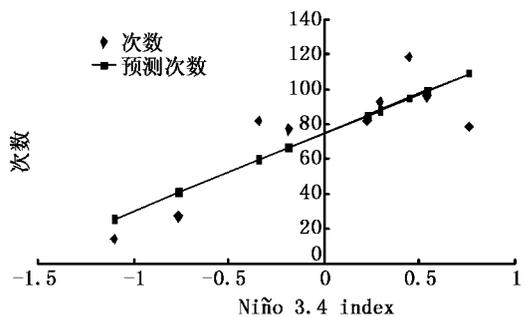


图 4 我国海域赤潮与厄尔尼诺 3.4 区指数回归分析
Fig 4 Regress analysis of number of red tide events and Niño 3.4 index

生期间长江口海域年表温呈中间高的特征,即厄尔尼诺时间发生的当年的海温一般偏低,而次年一般偏高,至第三年有所下降。曹从华^[9]等对我国渤海、黄海、东海北部研究发现,厄尔尼诺事件发生当年东中国海海温偏低,厄尔尼诺事件发生次年东中国海海温偏高,东海北部温度偏高或偏低现象比黄、渤海明显。这正好与我国海域赤潮发生次数特征相吻合。温度是赤潮发生的最重要因子之一,温度升高、气压下降有利于赤潮的形成^[10],厄尔尼诺事件次年引起长江口海域温度升高,赤潮发生次数有所增加,使我国海域赤潮发生次数在厄尔尼诺发生的当年、次年和第三年中呈现中间高的特征。

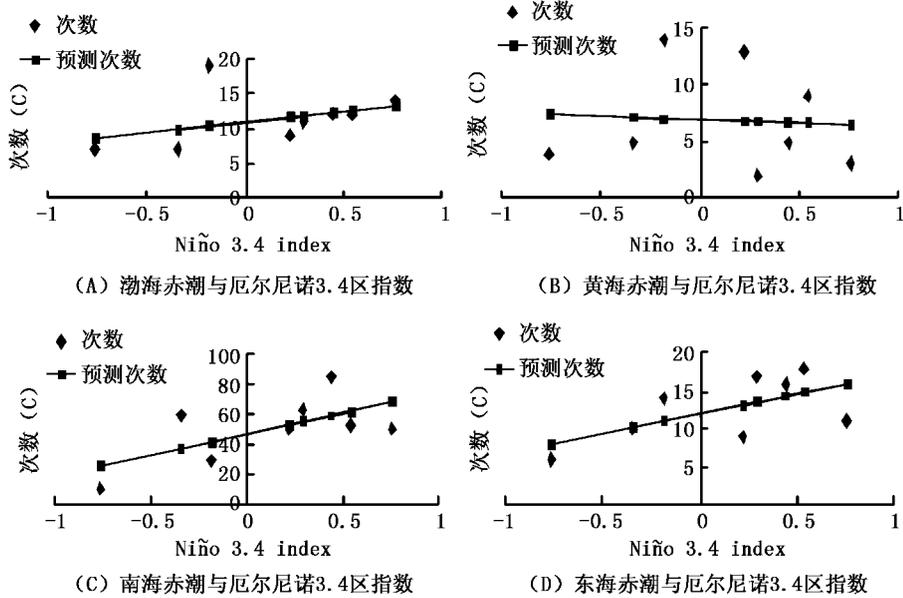


图 5 我国四大海海域赤潮发生次数与 Niño 3.4 区指数相关关系

Fig 5 The relationship between number of red tide events and Niño 3.4 index

表 2 厄尔尼诺事件发生当年、次年赤潮发生次数及次年赤潮发生次数的变化率
Tab. 2 The number of red tide events in Elniño year and the year after Elniño year and change rate in the year after Elniño year

厄尔尼诺年	起讫时间	当年		次年		第三年		次年相当于当年的变化	
		次数	面积 (10 ⁴ km ²)	次数	面积 (10 ⁴ km ²)	次数	面积 (10 ⁴ km ²)	次数	面积 (10 ⁴ km ²)
1977	1977/09—1978/02	1	0.05	2	0.06	3	0.08	+	+
1979	1979/10—1980/01	3	0.06	4	0.08	3	0.007	+	+
1982	1982/05—1983/06	5	0.11	17	0.19	19	0.18	+	+
1986	1986/09—1988/02	5	0.14	17	0.37	13	0.96	+	+
1991	1991/05—1992/08	34	0.7	50	1.6	19	0.45	+	+
1993	1993/03—1993/06	19	0.45	12	0.2	6	0.28	-	-
1994	1994/07—1995/03	12	0.2	6	0.28	4	0.39	-	+
1997	1997/05—1998/04	8	0.31	22	1.24	15	0.9	+	+
2002	2002/05—2003/03	79	1.015	119	1.455	96	2.663	+	+
2004	2004/07—2004/12	96	2.663	82	2.707	93	1.984	-	+

注：“+”表示赤潮发生次数(或面积)增加，“-”表示赤潮发生次数(或面积)减少

厄尔尼诺对我国近海海域赤潮的发生次数有着明显的影响。厄尔尼诺 3.4 区指数与赤潮发生次数有显著的相关性,相关系数达到 0.849。其中各海域赤潮发生次数与厄尔尼诺 3.4 区指数的相关程度不同:东海和南海赤潮次数受厄尔尼诺影响显著,相关系数分别为 0.650, 0.613;渤海赤潮发生次数受厄尔尼诺影响较小,相关系数为 0.394;黄海赤潮发生次数与厄尔尼诺相关程度较小。

厄尔尼诺事件对次年赤潮发生次数也有很大的影响。研究年份中 10 次厄尔尼诺发生年的次年,我

国海域赤潮发生次数增多与厄尔尼诺事件的相关系数为 0.563,为中等相关等级。

由于本文仅用了 1977—2007年中 10次厄尔尼诺事件中我国海域赤潮发生次数数据,所得结果还有待进一步用新的资料进行检验和修正。

参考文献:

- [1] 陈美榕,石少华,沈红海.长江口海域海水表层温度与厄尔尼诺事件的关系[J].海洋预报,2005,22(1):80—85.
- [2] 赵玲,赵东至,张昕阳等.我国有害赤潮的灾害分级与时空分布[J].海洋环境科学,2003,22(2):15—19.
- [3] 国家海洋局.中国海洋环境质量公报[R].北京:国家海洋局,1990—2007.
- [4] 周甦芳,沈建华,樊伟. ENSO现象对中西太平洋鲣鱼围网渔场的影响分析[J].海洋渔业,2004,26(3):168—72.
- [5] Climate prediction center. EL Niño impacts[EB/OL]. [199-06-08]. <http://www.chino.noaa.gov/impacts.html>
- [6] 张启龙.西太平洋暖池表层暖水的纬向移动运移[J].海洋学报,2004,26(1):33—39.
- [7] 黄光杨.教育统计与测量评价综合教程[M].福州:福建科学与技术出版社,2003,69—73.
- [8] 钟姗姗. ENSO十年际尺度变率的机制初探[J].热带海洋学报,2004,23(2):28—36.
- [9] 曹丛华.东中国海海温场对厄尔尼诺与反厄尔尼诺事件的响应[J].海洋预报,1999,16(4):39—45.
- [10] 邓素清.浙江海区赤潮发生前期气象因子的统计分析[J].科技通报,2005,21(4):386—391.