

辽东湾鲅鱼圈赤潮与环境因子分析

曹丛华, 黄 娟, 郭明克, 江崇波, 李培顺

(国家海洋局北海预报中心, 山东 青岛 266033)

摘 要: 赤潮的发生是一个复杂的生态变化过程, 赤潮藻的快速增殖不仅需要丰富的营养物质基础, 适宜的物理环境条件亦是不可或缺的, 是诸如水文、气象、物理、化学和生物因子综合作用的结果。辽东湾为我国北方海域赤潮最频繁海域。本文就 1998 年~2003 年 5 月间发生在辽东湾的赤潮过程, 从天气形势、水文气象环境动力因子的角度对赤潮的暴发进行分析研究与统计, 得出了赤潮暴发的相似天气形势及水文气象环境动力因子的变化规律, 试图探索其预报的可能性。并就 2001 年北海分局在鲅鱼圈监测到的赤潮水文、气象、物理、化学等环境因子数据, 运用正交分析、聚类分析多元统计分析方法, 分析了赤潮发生过程中环境因子的变化规律, 试图寻找影响赤潮的主导因子与重要因子。

关键词: 赤潮; 环境动力因子; 正交分析; 聚类分析

中图分类号: P731 文献标识码: A 文章编号: 1003 - 0239 (2005)02 - 0001 - 06

1 引言

近年来赤潮的发生频率已愈来愈频繁, 据不完全统计, 2000 年我国海域共记录到赤潮 28 起, 比 1999 年增加了 13 起, 累计面积 1 万多平方公里, 造成的直接经济损失近 10 亿元。2001 年我国海域记录到的赤潮达 78 起, 比 2000 年增加了 50 起, 累计面积 1 万多平方公里, 造成的直接经济损失已超过 10 亿元。赤潮已成为我国海洋主要灾害之一。渤海是我国赤潮高发区之一, 赤潮的发生频率总体上呈逐年上升趋势, 影响范围越来越大, 严重影响了海洋生态环境, 而辽东湾又是我国北方海域赤潮最频繁海域, 本文对 1998 年~2002 年间发生在辽东湾的赤潮过程进行了分析和统计, 试图从天气形势、水文气象环境动力因子的角度对赤潮的暴发进行分析研究与统计, 得出赤潮暴发的相似天气形势及水文气象环境动力因子的变化规律, 旨在探讨利用赤潮暴发前期的天气形势模式和水文、气象要素对赤潮进行预报的可能性。并结合 2001 年北海分局在鲅鱼圈试点监测到的赤潮过程中水文、气象、物理、化学等综合环境因子数据, 运用正交分析、聚类分析多元统计分析方法, 分析了赤潮发生过程中环境因子的变化规律, 试图寻找影响赤潮发生的重要因子与主要因子。

2 辽东湾赤潮发生的时间范围

本文收集了 1998 年~2003 年 5 月间发生在我国北方海域的有具体时间、地点、面

收稿日期: 2004-05-12

基金资助: “十·五”攻关“赤潮灾害预报技术研究”课题 (2001BA603B-06-02-7)。

作者简介: 曹丛华 (1960-), 女, 研究员, 主要从事海洋环境预报及海洋环境数值模拟。

积的赤潮过程，一共 49 次。经统计，辽东湾出现 20 次，为我国北方海域赤潮发生最频繁海域，占 41%，其中又尤以鲅鱼圈附近海域赤潮最多。

经统计辽东湾的赤潮发生时间最早为 4 月底，最晚为 9 月中旬，7 月为赤潮多发季节。一次赤潮过程面积最大为 6 300 km²(1999 年 7 月 13~21 日)，其次为 6 000 km²(1998 年 9 月 18 日，锦州湾以东海域和鲅鱼圈-复州湾海域)。

3 辽东湾赤潮暴发前期水文、气象因子变化规律

对 20 次的赤潮过程暴发前期的气温、水温、盐度、风速、降水水文气象因子进行了统计与分析(见表 1)。得出赤潮暴发前期气温，水温一般是上升的，盐度多数是降低的，赤潮发生前一般有降水，同时伴有大风过程。

这是因为大量的降水可以降低海水的盐度，同时也把丰富的有机物质及污染物携带入海，使海水的营养化程度加剧；大风过程可以引起水体的扰动，促进水体的上下层垂直混合，使海底丰富的营养盐类充分的溶解于水中，可满足赤潮藻类快速增殖的需要。急剧的升温、充足的光照加上盐度的降低，使得喜爱这种气候的赤潮生物迅速的繁殖起来。所以，这是赤潮形成的主要条件之一。

表 1 赤潮暴发前期水文、气象要素值

赤潮发生时间	气温累计变化值	水温累计变化值	坡度累计变化值	赤潮发生前期 大风级数风力	降水
1998.9.18	3.2	0.0	-3.1	6	大
1998.9.29	3.2	0.3	-0.11	5~6	小
1999.7.13~21	2.7	0.6	0.02	6	大
1999.7.13~21	3.1	1.1	-0.7	6	大
2000.7.12	1.9	0.7	0.08	7	大
2000.8.13~19	1.6	1.2	-0.09	5~6	大
2000.5.23	4.8	3.1	-0.61	6	小
2001.7.7	2.4	1.1	-0.32	6~7	中
2001.8.15~16	-0.9	1.3	-0.03	5~6	大
2001.8.12~23	0.9	1.7	-0.01	5~6	中
2001.8.12	1.6	1.2	0.5	5~6	中
2001.8.25~26	0.3	0.0	-0.2	6	小
2001.8.27~30	0.5	0.0	0.03	5~6	小
2001.9.3	3.1	0.4		3~4	无
2001.9.3	6.1	0.9	-0.15	3~4	无
2001.9.6~12	0.1	1.1	-0.8	6	小
2001.9.13~16	1.5	-0.8	-0.24	7	小
2001.9.16~18	1.2	0.7	-0.4	6	小
2002.6.3	1.3	0.7	-0.2	5~6	小
2003.4.26	0.6	2.1	-1.2	5~6	小

图 1~3 分别是 2001 年 5 月 23 日在锦州的大笔架山附近海域赤潮暴发前气温、水温、盐度的逐日变化，由此可以看出气温、水温剧升，盐度降低的现象。

4 辽东湾赤潮暴发前期天气形势

通过对这 20 次赤潮过程暴发前期的天气形势统计分析，得出赤潮发生前期高空多是槽前暖湿气流，地面有降水过程出现，有大风天气过程；赤潮暴发前几天及暴发时高

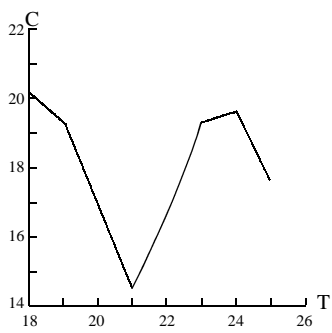


图 1 气温的逐日变化

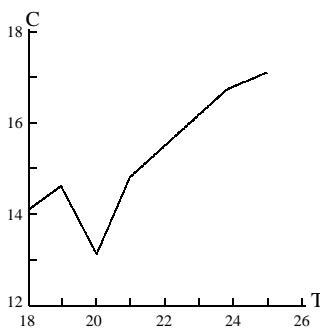


图 2 水温的逐日变化

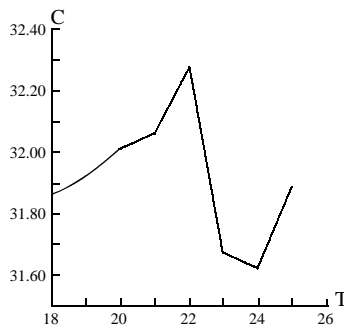


图 3 盐度的逐日变化

空多处于槽后脊前,受 NW 气流控制;700hPa 与 850hPa 一般有暖脊;天气晴好,光照时间长;气温、水温持续升高(有的过程仅在赤潮日天气突然晴好,温度骤升),风浪较小。

如 2001 年 8 号台风桃之登陆减弱成低气压沿海岸一直北上到达渤海黄引起了大片降水与大风天气,之后 8 月 12 日在鲅鱼圈、葫芦岛就暴发了大面积的赤潮,1999 年 7 月发生在辽东湾的 6 300km² 的大面积赤潮,前期亦有一江淮气旋北上到达渤海黄,伴有大面积的降水和大风天气。

因此在预测预警赤潮发生时应密切地关注有利于赤潮暴发的天气形势及气象水文环境动力因子的变化,这对及时的预测赤潮的暴发有重要的意义。

5 环境因子多元分析

在上述对赤潮暴发前期的水文、气象因子分析的基础上,利用 2001 年北海分局在鲅鱼圈试点监测到的多次赤潮过程中气温、气压、风速、水温、盐度、pH 值、DO、COD、无机氮、磷酸盐环境因子数据,并对样本资料按正常期、赤潮发生前期、赤潮发生发展期进行分类,共 166 个资料样本,进行主成分分析、聚类分析,综合的对赤潮过程进行分析研究。

5.1 主成分分析

用 Jacobi 方法求得相关阵的特征值及其特征向量。表 2 是特征值和主成分的累积方差贡献率,由表 2 可以看出只许取前 6 个主成分,就可保留原有信息的 87.78%。

表 2 特征值和主成分的累积贡献率

特征值	3.1602	1.6366	1.3949	1.1611	0.7616	0.6640
累积贡献率%	0.3160	0.4797	0.6192	0.7353	0.8114	0.8778

计算各主成分的因子载荷量(见表 3)。载荷值反映所取的主成分与原始因子之间的相关关系。同时计算出每个因子在各主成分上载荷值的平方和,即公因子方差,它反映各因子对选出的主成分所起的作用,既原始数据的重要程度。

表 3 各主成分因子载荷

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	解释方差
气温	0.4701	-0.4054	0.0431	-0.6182	-0.0997	-0.2579	0.8459
气压	0.5500	-0.1648	-0.4887	0.3172	0.4773	0.0305	0.8978
风速	-0.3938	0.0807	0.5803	0.2558	0.2907	-0.5889	0.9951
水温	0.6485	-0.3829	-0.1356	-0.3712	0.2424	-0.1874	0.8173
S	-0.3209	0.5320	0.1816	-0.5958	0.3249	0.2140	0.9253
pH	0.8009	0.3318	0.0889	0.2389	-0.1202	-0.0079	0.8311
DO	0.8577	0.2616	0.1460	0.1683	0.0676	-0.0034	0.8583
COD	0.6571	0.3020	0.3250	-0.0844	-0.3747	-0.0569	0.7793
无机氮	-0.1499	-0.8292	0.3114	0.1630	-0.1659	0.1590	0.8864
磷酸盐	0.3558	-0.2271	0.7309	0.0300	0.2968	0.3745	0.9417

由表 3 中可以看出对第一主成分贡献较大的主要是 DO、pH、COD、水温，较多的反映了海水的理化状况；对第二主成分贡献较大的主要是无机氮、S；对第三主成分贡献较大的主要是磷酸盐、风速，二、三主成分较多反映了海水的营养状况；对第四、第五、第六主成分贡献较大主要是气温、气压、风速，较多的反映了物理水文状况。

从表 3 还可以看出，提取 6 个主成分后，各原始因子所解释的方差百分比都超过 78%，这说明主成分提取的有效性，又说明主成分对原始因子的分类作用大小的判断即客观又标准化。同时还可以看出，由于风力因子的方差百分比最大，其次是磷酸盐，再次是盐度，三者都达到了 90% 以上，说明从公共度方面可知风速、磷酸盐、盐度因子在赤潮过程中的重要作用。

5.2 聚类分析

聚类分析又称群分析，它是研究（对样品或指标）分类问题的一种多元统计方法。用前面计算的 6 个主成分值，采用离差平方和法对 166 个样本资料进行 Q 型聚类（对时间样本分类）与 R 型聚类（对变量或指标分类）。因为主成分是在正交坐标系中推导出来的，采用主成分值进行聚类，可以避免因子与因子之间的相关性。

Q 型聚类：经聚类计算，可以明显的分成 3 类，第一类 93 个样本，包含了正常期样本资料的 97%；第二类 35 个样本，包含了赤潮前期样本资料的 72%；第三类 38 个样本，包含了赤潮期样本资料的 65%。第一类里混有赤潮前期的 10 个样本，赤潮发生发展期的 16 个样本；第二类里混有正常期 2 个样本，赤潮发生发展期的 5 个样本；第三类里全部为赤潮发生发展期的样本。分成三类的平均正确率为 81%，由此可以看出基本上可以把正常期、赤潮前期、赤潮发生发展期区分开来，尤其是正常期的样本几乎全都聚在了一类，但也包含了一些赤潮期的样本，这说明了赤潮期随着赤潮的减弱，水体逐渐趋向正常化，同时三类样本互有混合，也充分说明了赤潮的复杂多变性。

R 型聚类：可以分为两类，第一类包含一、二主成分因子，第二类包含了三、四、五、六主成分因子。前面所述，一、二主成分因子主要反映了原始因子 DO、pH、COD、

水温、无机氮、盐度的信息;三、四、五、六主成分因子主要反映了风速、磷酸盐、气温、气压,所以可以看出基本上海水的理化、营养盐因子聚在一起,水文、气象因子聚集在一起,而且一、二主成分因子能聚到了一起构成了一类,说明它们对赤潮影响的相似程度,是影响赤潮的主导因子。

6 结语

(1) 辽东湾为我国北方海域赤潮发生最频繁海域。

(2) 赤潮暴发前期气温,水温一般是上升的,盐度多数是降低的,赤潮发生前一般有降水,同时伴有大风过程。

(3) 赤潮暴发前几天及暴发时高空多处于槽后脊前,受 NW 气流控制;700hPa 与 850hPa 一般有暖脊;天气晴好,光照时间长;气温、水温持续升高(有的过程仅在赤潮日天气突然晴好,温度骤升),风浪较小。

(4) DO、pH、COD、水温是影响赤潮的主导因子,风速、磷酸盐、盐度在赤潮的过程中起着重要作用。

(5) Q 型聚类分析大致可以对监测的环境因子资料样本进行划分,区别出正常期、赤潮前期、赤潮期的资料样本,但正常期包含了一些赤潮期的样本,这说明了赤潮的复杂多变性。R 型聚类基本上把海水的理化、营养盐因子聚在一起,水文、气象因子聚集在一起。

参考文献:

- [1] 洪君超,等. 长江口赤潮多发区的一次中肋骨条藻赤潮现象观察[J]. 海洋环境科学, 1992, 11(3):75~79.
- [2] 洪君超,等. 崂山水域中肋骨条藻赤潮发生过程主导因子分析[J]. 海洋学报, 1993, 11: 135~141.
- [3] 刘玉,等. 深圳大鹏湾浮游藻类生物量及与环境因子研究[J]. 海洋环境科学, 1993, 12(3):45~52.
- [4] 张珞平,等. 厦门西港赤潮成因的探讨[J]. 海洋环境科学, 1992, 11(3):71~74
- [5] 扬鸿山,等. 长江口杭州湾海区两次赤潮的调查与初步研究[J]. 海洋环境科学, 1990, 9(1):
- [6] 张启东. 黄骅沿海赤潮发生机制的初步探讨[J]. 海洋科学, 1993.
- [7] 黄秀清,等. 长江口海区一次骨条藻赤潮发生过程的多元分析[J]. 海洋环境科学, 2000, 19(4):
- [8] 吴玉霖,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, 33(2):
- [9] 霍文毅,等. 胶州湾中肋骨条藻赤潮与环境因子的关系. 海洋与湖沼, 2001, 32(3):
- [10] 赵冬至,等. 渤海赤潮灾害监测与评估研究文集. 海洋出版社.
- [11] 邹景忠,等. 渤海黄海有害赤潮研究文集. 中国科学院海洋研究所海洋环境科学研究室.
- [12] 胡基福. 气象统计原理与方法. 青岛海洋大学出版社.
- [13] 曾活水,等. 厦门西海域赤潮成因与细菌量相关性的研究. 海洋学报, 1993, 19(4):
- [14] 用主成分分析和聚类分析法对水库淤积形态分析. 泥沙研究, 1996, (2):

THE ANALYSIS OF RED TIDE AND ENVIRONMENTAL FACTOR IN BAYUQUAN, LIAODONG BAY

CAO Cong-hua, HUANG Juan, GUO Ming-ke, JIANG Chong-bo, LI Pei-shun

(North China Sea Marine Forecasting Center of State Oceanic Administration, Qingdao 266033 China)

Abstract : The occurrence of red tide is a sophisticated process of ecological variation; red tide algae need not only abundant nutrients to reproduce quickly, but also proper environmental conditions, such as hydrological, meteorological, physical, chemical, and biological factors combined. The Liaodong Bay is the most frequent place of red tide in the north sea area of our country. Based on the red tides occurred in Liaodong Bay between 1998 and May 2003, this paper studies and analyzes the conditions for occurrence of red tide. We introduce the similar weather conditions and the variation mechanism of hydrological and meteorological environmental dynamic factors under which red tide occurs, and explore the possibility of red tide forecast. Then based on the data about the hydrological, meteorological, physical, and chemical environmental factors of the red tides observed by the North China Sea Branch, SOA, in 2001 in Bayuquan, and this paper employed orthogonal analysis, cluster analysis, and multivariate analysis, this paper analyzes the variation mechanism of environmental factors during red tide occurrences, to ascertain the important and major factors engendering red tides.

Key words : Red tide ; Environmental dynamic factors ; Orthogonal analysis ; Cluster analysis