

Doi :10.11840/j.issn.1001-6392.2013.05.018

中国近海赤潮基本特征与减灾对策

洛昊, 马明辉, 梁斌, 朱容娟, 梁雅惠

(国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023)

摘 要: 通过描述我国沿海赤潮发生历史和现状, 深入探讨了我国赤潮的时空分布特征及变化规律, 并提出了应对赤潮灾害的减灾对策。分析结果显示: (1) 1933 年至 2011 年间, 我国海域共观测到赤潮事件 1 047 起。2000 年以后我国进入赤潮高发期, 赤潮发现频率和影响范围明显增加。(2) 我国沿海从南到北均有赤潮分布, 时空分布差异显著。其中, 河口、内湾为赤潮多发区。东海年发现频率最高, 高发期集中于每年 4-9 月水温较高的季节, 南海一年四季均有发现。(3) 截至 2009 年, 我国由优势种引发赤潮的次数为 417 次, 约占赤潮总数的 45%, 有毒赤潮发现频率明显增加。(4) 对营养盐输入为赤潮发生提供了物质基础进行了探讨, 提出了加强赤潮预警和强化污染控制是赤潮防灾减灾的主要措施。

关键词: 赤潮; 频率; 趋势; 特点

中图分类号: X55

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2013)05-0595-06

Basic characteristics and mitigation countermeasures of red tides in China seas

LUO Hao, MA Ming-hui, LIANG Bin, ZHU Rong-juan, LIANG Ya-hui

(National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Abstract: Both the history and the current status of the red tide in China Seas were described, and the temporal-spatial distribution and characteristics were discussed, as well as the relative control measure were set forth. According to the statistics, (1) From 1933 to 2011, 1047 times of red tides were recorded in China Seas. The frequency and scale of red tide have increased significantly since 2000. (2) Red tide distributed in both south and north coasts in China. Distribution patterns were different obviously. Estuaries and inner bays were high-frequency red tide areas, in which East China Sea was the highest frequency. High-frequency season was from May to August, and red tide occurred in the South China Sea all year round. (3) Up to 2009, the frequency of red tides caused by dominant species counted as 417, about 45 percent of the total events; and frequency of toxic red tides increased significantly in recent years. (4) Major nutrient loads were considered to be one of the main reasons that induced the red tide events. Early warning and strengthening pollution control of nitrogen and phosphorus loads would be the main measures to prevent HABs.

Keywords: red tide; frequency; trends; characteristics

我国是一个海洋大国, 拥有约 1.8 万 km 海岸线、6 500 个岛屿、300 万 km² 的管辖海域, 海洋资源十分丰富, 大力发展海洋产业是我国未来发展的战略重心。近年来, 由于全球变化和人类活动的影响, 我国近岸海域环境日益恶化, 赤潮灾害频发。截至 2011 年, 中国沿海赤潮已累计记录 1 047 起, 现阶段正处于赤潮频发期。赤潮灾害一

旦发生, 难以治理, 对生态健康和人类生产生活影响极大, 是我国主要的海洋环境灾害之一。

目前针对我国赤潮开展的研究很多, 如赤潮的孕灾过程 (梁松等, 2000; 齐雨藻等, 2003)、分布特征 (朱明远等, 2004; 齐雨藻, 2004)、发展趋势 (周名江等, 2001; 赵冬至等, 2003) 以及防治等方面开展了大量卓有成效的工

收稿日期: 2013-03-18; 修订日期: 2013-05-28

基金项目: 海洋公益性行业科研专项 (201005014)。

作者简介: 洛昊 (1983-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要研究海洋环境监测、评价与保护。电子邮箱: luohao@nmemc.gov.cn

通讯作者: 马明辉, 硕士, 研究员。电子邮箱: mhma@nmemc.gov.cn。

<http://hytb.nmdis.gov.cn>

作(缪锦来等, 2002), 其成果为后续赤潮跟踪研究奠定了良好的基础。本文通过梳理国家海洋环境监测中心赤潮监控区的数据库资料、国家海洋局《中国海洋灾害公报(1998–2011)》以及相关研究文献(Zhu et al, 1997; 赵玲等, 2003; 林凤翱等, 2008; 何春良等, 2009), 掌握了自1933年我国首次有赤潮记录以来、近80年的中国沿海赤潮历史数据, 并针对其发生发展规律和特点开展了深入探讨, 旨在为全面开展我国赤潮的系统研究和预防提供科学依据。

1 中国赤潮现状和趋势

1933–2011年, 我国沿岸海域共记录赤潮事件1 047起, 累积影响面积22万 km^2 。20世纪60年代以前仅有2次记录, 影响面积约1 400 km^2 ; 70年代8次, 面积约5 700 km^2 ; 80年代迅速增至74次, 面积约34 000 km^2 ; 90年代记录次数已达151次, 影响面积约22 500 km^2 。总体来看, 我国沿岸海域赤潮有加重之势, 赤潮发现次数逐渐上升, 影响面积不断扩大。

1988年之前的50年中, 我国全海域赤潮灾害年平均发现次数为1.8次, 直至1990年才首次出现峰值, 年均38次, 影响面积约19 900 km^2 ; 1991年之后, 进入了平台期, 年均发现次数15次, 面积约2 800 km^2 ; 2001年之后, 又呈现出急剧上涨之势, 平均次数为74次, 面积为16 600 km^2 , 与上次峰值出现仅相隔10年, 再次进入历史多发期。在这一时期赤潮发现频率和面积的峰值记录不断刷新, 出现了历史最高的发现频率和影响范围记录, 分别为2003年105次和2005年29 500 km^2 。现阶段, 我国正处于历史上的赤潮多发期(图1)。

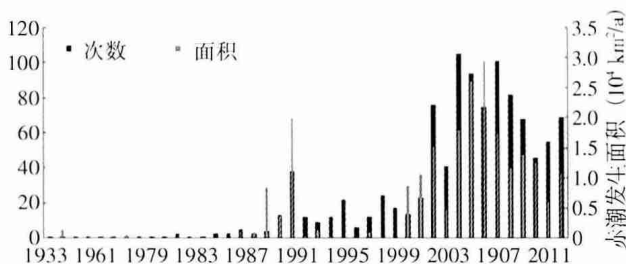


图1 1933–2011年全国赤潮发现次数和面积

2 中国赤潮特点

2.1 分布差异显著

2.1.1 时空分布

1998–2011年, 我国四大海域的赤潮年均发现频率分别为: 渤海9次/年、黄海7次/年、东海40次/年、南海11次/年, 其中东海最高, 约占四个海域赤潮发现总数的60%。1999–2003年东海海域的赤潮发现趋势呈对数增长, 于2003年达到峰值86次/年, 该时期增长趋势显著, 之后维持在年均51次。渤海和南海的赤潮年均发现频率接近, 均为10次/年, 且波动相对平稳。黄海赤潮发现频率和波动最小, 年均7次(图2、3)。

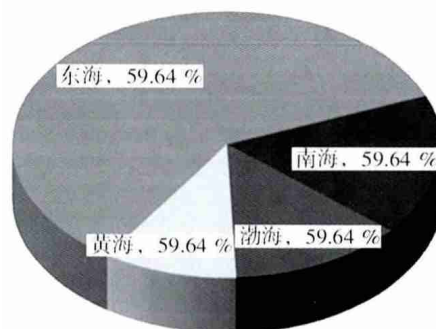


图2 1998–2011年全国四大海域赤潮发现次数比例

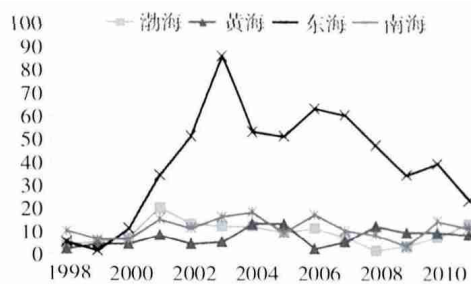


图3 1998–2011年全国四大海域赤潮发现次数

我国沿海赤潮灾害事件从南到北均有记录, 其中近岸的主要河口和海湾为赤潮多发区(表1)。

表1 中国沿海赤潮多发区域

四大海域	分布
渤海	渤海湾、辽东湾、大连渤海一侧海域
黄海	丹东东港、大连湾、海洲湾
东海	长江口外海域、浙江近岸海域、泉州湾、厦门近岸海域
南海	珠江口、深圳湾和香港近岸海域

20世纪70年代以前中国沿海赤潮发现次数较少, 仅分布在黄河口、浙江台州、石埔、福建平

潭岛、天津大沽口附近海域；80、90 年代赤潮发现次数明显增加，主要发生区域为渤海沿岸、长江口外海域，胶州湾、东南沿海，海南岛周边海域也首次发现赤潮；进入 21 世纪，赤潮在我国沿海大面积爆发，长三角、珠三角、环渤海地区是赤潮的高发区，海州湾临近海域也首次发现赤潮（图 4）。

2.1.2 季节分布

我国近岸海域一年四季均有赤潮记录，赤潮发生的适宜温度是 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ （赵冬至等，2003），多集中于春夏两季，冬季赤潮多发现于东海和南海等水温较高的海域。由于我国海岸线漫

长，南北纵跨热带、亚热带和温带，各海域赤潮的发生规律随季节变化也呈现出不同特点：黄渤海海域赤潮的多发期为每年 5–6 月，东海海区为 4–9 月份，而南海海区全年均有赤潮记录，较为平均。通过分析历史资料发现，我国赤潮高发月份多集中于每年 5–8 月水温较高的季节，南海一年四季均有发现，这也印证了在赤潮发生海域常伴有天气炎热，水温偏高等现象（图 5）。

2.2 赤潮生物优势种占主导

我国沿岸海域已记录的赤潮生物包括原生动物和藻类两大类，约 40 属 150 余种。其中，出现频率超过 10% 的优势种所诱发的赤潮约占我国赤

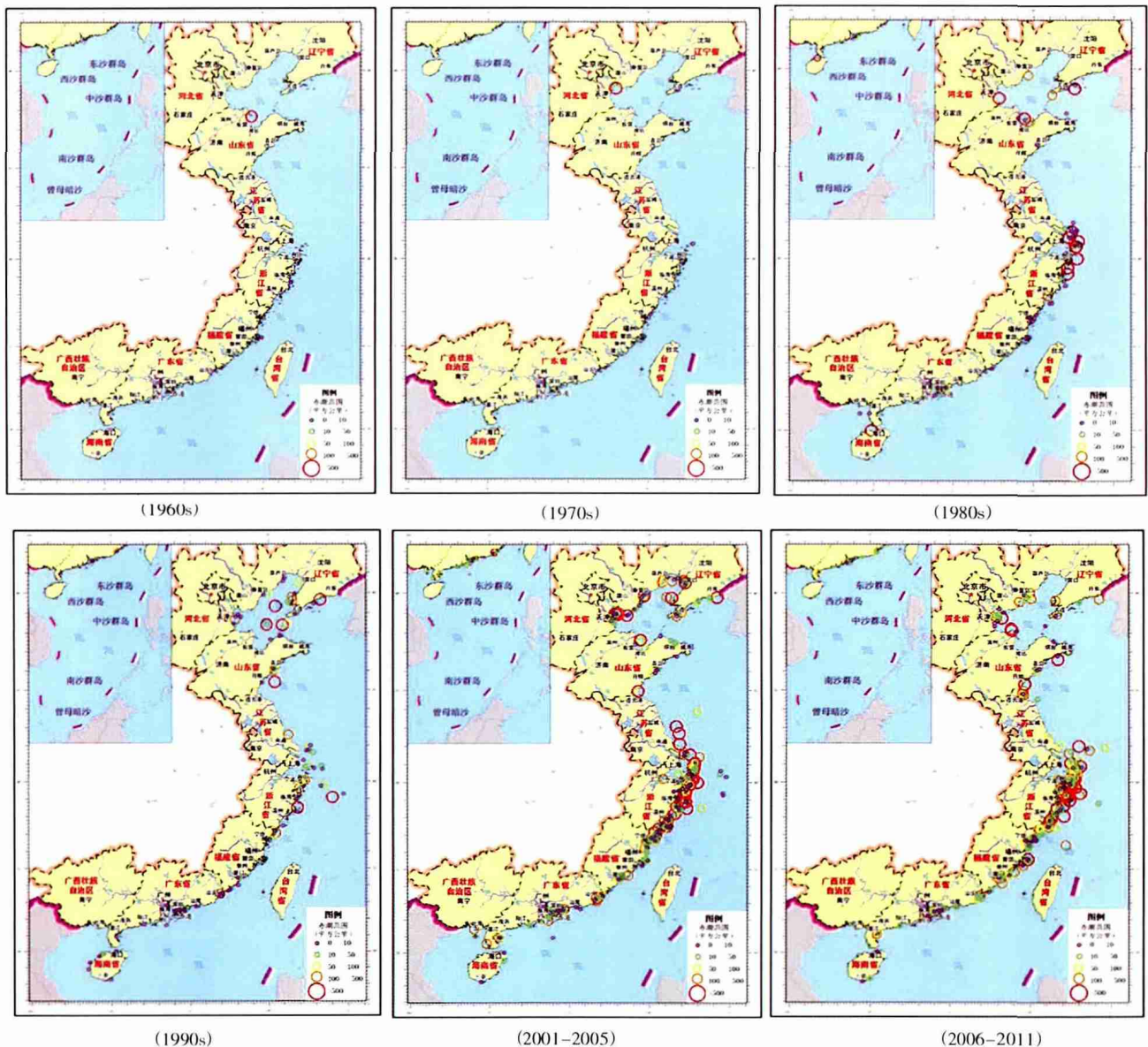


图 4 我国近岸赤潮分布趋势

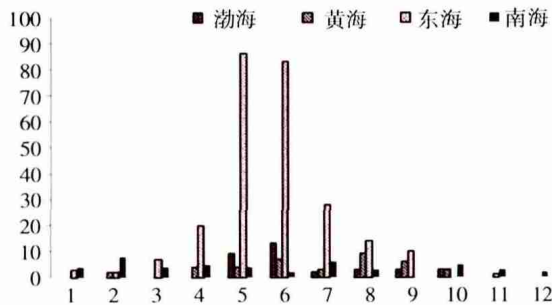


图5 2005-2011年四大海域赤潮月度发现频率分布

潮总记录的 78%，如中肋骨条藻（*Skeletonema costatum*）、夜光藻（*Noctiluca scintillans*）、具齿原甲藻（*Prorocentrum dentatum*）、米氏凯伦藻（*Karenia mikimotoi*）等；非优势种诱发的赤潮约占我国赤潮累计发现次数的 22%，包括角毛藻（*Chaetoceros*）、棕囊藻（*Phaeocystis*）、赤潮异弯藻（*Heterosigma akashiwo*）、血红哈卡藻（*Akashiwo sanguinea*）、圆海链藻（*Thalassiosira rotula*）、膝沟藻（*Gonyaulax*）、红色中缢虫（*Mesodinium rubrum*）等（图6）。

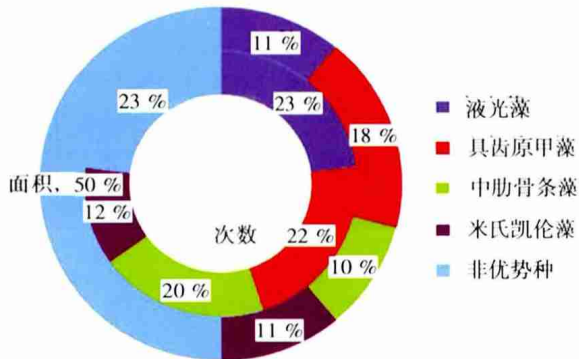


图6 赤潮优势种和非优势种发生频次和面积比例

我国由优势种引发的赤潮主要分布在辽东湾、北戴河、渤海湾、莱州湾、胶南海域、长江口等海域。其中夜光藻引发赤潮的次数最多，约 125 次，累计影响面积 2.5 万 km²，主要分布在长江口、围洲湾、胶东半岛南部、莱州湾、渤海湾、北戴河、辽东湾等海域；具齿原甲藻共记录 120 次，累计面积 4.3 万 km²，主要分布在长江口及浙江沿岸海域；

中肋骨条藻，共发现 109 次，累计面积 2.2 万 km²，主要分布在长江口、黄河口等海域；米氏凯伦藻，共发现 63 次，累计面积 2.6 万 km²，分布在长江口和浙江沿岸海域。非优势种引发赤潮总数为 125 次，累计面积 11.5 万 km²。

2.3 有毒藻种不断出现

近年来我国沿岸海域有毒藻种引发的赤潮不断增加。其中，有毒藻类米氏凯伦藻赤潮共发现 63 次，而 2004 年之前仅有 3 次记录，2005 年当年即陡增至 26 次，随后基本维持在年均 8 次左右；有毒藻类红海束毛藻（*Trichodesmium erythraeum*）赤潮共暴发 6 次，发现区域为北海涠洲岛南湾港海军码头附近海域以及汕尾碣石湾口，最近两次记录于 2004 和 2005 年（Hahn et al, 1992；郭浩，2004；Andrew et al, 2004）；海洋卡盾藻（*Chattonella marina*）赤潮自 2001 年至 2008 年均有记录；亚历山大藻（*Alexandrium*）赤潮于 2002 年暴发 4 次，而 2006 年仅 1 次记录；短裸甲藻（*Gymnodinium breve*）、利马原甲藻（*Prorocentrum lima*）、链状裸甲藻分别在 2003 年、2004 年和 2007 年各有 1 次记录。

2.4 氮磷输入为赤潮发生提供了物质基础

赤潮的产生是物理、化学、生物等诱发因素综合作用的结果（Jasper et al, 2009），生活污水、农业废水以及水产养殖过程中残余的饵料进入海水后分解，水中氮、磷等营养盐类和铁、锰等微量元素以及有机化合物的含量大大增加，造成海域富营养化。水体中富集的大量营养物质促使赤潮生物在短时间内爆发性繁殖，从而引发赤潮（Smayda, 1989；冯士筭等，1999；Gunner, 2003）。通过对海水中无机氮和活性磷酸盐的分析发现：

近年来我国海水中无机氮超一类水域面积占近岸评价海域的比例范围为 13%~22%，其中劣四类水域面积比例为 4%~8%。无机氮超一类的水域面积比例呈上升的趋势，由 2000 年的 13% 上升为 2009 年的 19%。长江口、珠江口海域始终是无机氮污染严重的区域；渤海辽河口、天津及黄河口邻近的莱州湾近岸海域均是氮污染严重海域；2001 年以来承接淮河流域的苏北近岸海域氮污染加重，目前已成为近岸海域氮污染严重的区域（图7、8）。

2000-2009 年活性磷酸盐超一类水域面积比例为 9%~40%，其中劣四类水域面积比例为 0~7%。活性磷酸盐超一类水域面积呈显著升高趋势，由 2000 年的 12% 升至 2009 年的 40%。历年来活性磷酸盐污染区域主要分布在珠江口、长江口、杭州湾、辽河口等海域，呈现劣四类水质；2008 年以来海南岛周边海域活性磷酸盐污染明显加重（图9、10）。

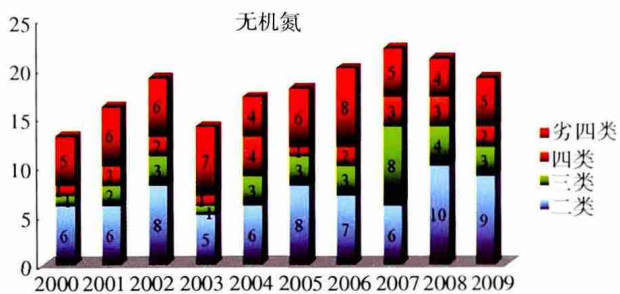


图7 2000-2009年无机氮超一类水域面积占评价海域的比例

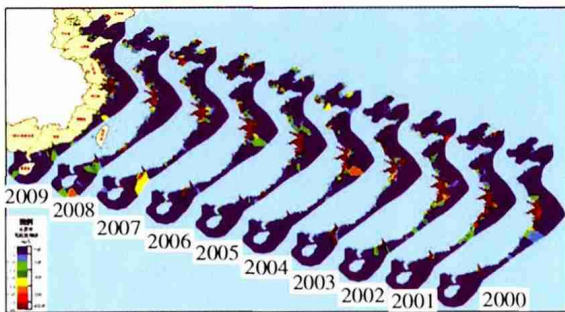


图8 2000-2009年我国沿海无机氮分布区域

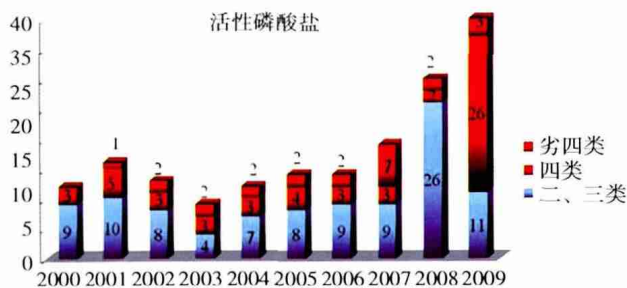


图9 2000-2009年活性磷酸盐超一类水域面积占评价海域的比例

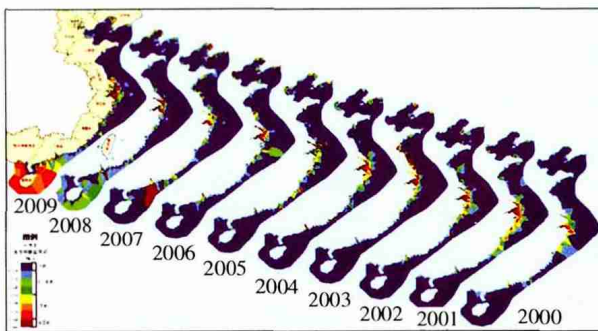


图10 2000-2009年活性磷酸盐分布区域

综上，辽河口、天津近岸、杭州湾、长江口、珠江口等历年来氮、磷污染最严重的区域，亦是赤潮高发区。

3 讨论

目前，我国记录赤潮事件仍基于赤潮发现率

而不是实际发生率。20世纪90年代以前，由于观测手段和监测能力落后，赤潮记录数据与赤潮实际发生频率之间尚存不确定性，而我国于20世纪90年代后进入赤潮高发期的结论仍需要进一步的验证。基于上述考虑，在分析赤潮的季节变化及分布趋势时选取2000年以后的数据，因为该时期随着我国海洋环境监测能力不断提升，赤潮的监测结果也更准确、及时。

我国沿海赤潮时空分布差异显著，且赤潮多发区主要集中于近岸的河口、内湾。但在20世纪90年代以前，由于近岸围塘养殖泛滥、养殖方式单一、技术水平落后，使得近岸池塘养殖水域为赤潮高发区和易发区。

通过时空对比分析可见，辽河口、天津近岸、杭州湾、长江口、珠江口等历年来氮、磷污染最严重的区域，亦是赤潮高发区，说明近年来营养盐的超负荷输入为近岸河口区的赤潮频繁爆发提供了物质基础，我国近岸河口向海洋输入的磷可以通过限制使用含磷洗涤剂基本控制，但陆源输入的氮相对于磷过剩，极易导致一系列有毒甲藻的出现 (Souto et al, 2001)，因此，该结论尚需构建富营养化模型进行相关性分析验证。而且影响赤潮的因素复杂多样，单纯研究化学因子的对赤潮的影响是远远不够的，仍需结合海洋水文、气候、生物等因素综合考虑。

4 赤潮的灾害的减灾对策

赤潮是我国沿海主要海洋环境灾害之一，已严重威胁到当地居民的生产生活和社会经济发展。赤潮灾害一旦大面积爆发，尚无有效治理措施。因此，结合全球变化对赤潮的影响以及我国赤潮发生、发展的自身规律和特点考虑，开展赤潮早期预警和强化污染控制是预防赤潮灾害的主要措施：

4.1 强化污染控制

(1) 充分落实国家污染减排计划，加强监督陆源入海排污口的污染物排海总量和超标排放状况，结合重点海域排污总量控制工作，制定区域性的陆源排海污染物总量控制方案。

(2) 逐步深化对陆源排污的监督约束和实现以海定陆，加强监督陆源排污对近岸海洋生态环

境的污染损害和对公众用海的安全风险,提出现有陆源入海排污口的关停并转建议,优化陆源入海排污口设置,并对排污口邻近海域敏感功能区加强环境监控和预警;结合沿海地区重大区域发展规划,针对性地加强对新增陆源入海排污口的排放状况监督,示范性划分近岸海域分级允许排污区。

(3) 开展海洋污染损害专项防治工作,根据海洋环境污染现状和国家相关有毒有害污染物的防治计划,针对性地加强对陆源入海排污口重金属及其他有毒有害污染物的排放监管,减少营养盐的使用,监管企业污水处理设施正常运行以及原材料的无氮、磷化或者脱氮、磷化。

(4) 加大对工业污水排放的管理力度,严格执行排放标准,尽快落实总量控制措施,同时加大对超标及非法排污企业的处理力度,从管理上加强控制。加大城市污水处理的科研投资和污水处理厂污水处理能力,提高城市污水处理工艺水平。

4.2 加强赤潮预警能力建设

建立统一的管理制度和完整的预报体系,将分析整理后的赤潮监测数据和预报结果上报沿海有关主管部门,并通过多媒体信息媒介发布赤潮预警信息,使人民群众及时做好防范、减少损失。同时加强赤潮监测预警的能力建设,开发先进的预测技术,提高监测卫星的精度、增加海巡飞机巡逻频次和现场验证能力,提高科研人员工作业务能力等,以便及时、准确预报赤潮灾害风险。重点加强长江口、渤海湾等赤潮多发海域的监测频率、提高预防控制能力。

致谢:本研究在搜集资料过程中,得到了国家海洋环境监测中心林凤翔研究员的帮助,在此表示感谢。

参考文献

- Andrew P N, Owen B, Brian J, et al, 2004. Effects of the blooming alga *Trichodesmium erythraeum* on the pearl oyster *Pinctada maxima*. *Aquaculture*, 232: 91-102.
- Gunni A, Jacob C, 2003. The 2002 Oxygen Depletion Event, in the Kattegat, Belt Sea and Western Baltic, Helsinki Commission, 15-17
- Hahn S T, Capra M F. 1992. The cyan bacterium *oscillatoria Erythema*—a potential source of toxin in the ciguatera food-chain. *Food Addit Contam*, (9): 351-355.
- Jasper H A, Maria L, 2009. Eutrophication in the Baltic Sea Eutrophication in the Baltic, Helsinki Commission, 50-56
- Smayda T J, 1989. Primary production and the global epidemic of phytoplankton blooms in the sea: A Linkage In Casper E M, Bricelj V M, and Carpenter E J eds. New York: Springer-Verlag, 449-484.
- Souto M L, Fernndez J J, Norte M, et al, 2001. Influence of amino acids on okadaic acid production. *Toxicon*, 39: 659-664.
- Zhu M, Li R, 1997. Harmful Algal Blooms in China Seas. *Ocean research*. 19(2)Special: 173-184
- 冯士筌, 李凤岐, 李少菁, 1999. 海洋科学导论. 北京: 高等教育出版社, 328-330.
- 郭浩, 2004. 中国近海赤潮生物图谱. 北京: 海洋出版社, 30-31.
- 何春良, 杨红, 2009. 我国海域赤潮时空分布及其与厄尔尼诺的关系, 上海海洋大学学报, 18(2): 206-211
- 梁松, 钱宏林, 齐雨藻, 2000. 中国沿海的赤潮问题. *生态科学*, 19(4): 44-50.
- 林凤翔, 卢兴旺, 洛昊, 等, 2008. 渤海赤潮的历史, 现状及其特点. *海洋环境科学*, 27(supp.2): 1-5.
- 缪锦来, 石红旗, 李光友, 等, 2002. 赤潮灾害的发展趋势、防治技术及其研究进展. *安全与环境学报*, (3): 40-44.
- 齐雨藻, 吕颂辉, 2004. 中国的赤潮, 赤潮研究及赤潮趋势. 第一届中国赤潮研究与防治学术研讨会论文摘要汇编.
- 齐雨藻, 2003. 中国沿海赤潮. 北京: 科学出版社, 2-55.
- 赵玲, 赵东至, 张昕阳, 等, 2003. 我国有害赤潮的灾害分级与时空分布. *海洋环境科学*, 22(2): 15-19.
- 周名江, 朱明远, 张经, 2001. 中国赤潮发现趋势和研究进展. *生命科学*, 13(2): 54-59.
- 朱明远, 李瑞香, 王宗灵, 等, 2004. 我国南海、东海、渤海赤潮高发区赤潮发生特征初步比较. 第一届中国赤潮研究与防治学术研讨会论文摘要汇编.

(本文编辑:袁泽轶)