

摘要 赤潮灾害已严重地影响了我国海洋经济的可持续发展。文章对我国赤潮灾害的发展现状及危害,和目前对赤潮研究、预防、管理方面取得的进展进行了分析报道,通过论证提出了控制磷污染和建立大面积湿地是预防赤潮发生的有效措施。

关键词 富营养化;赤潮灾害;磷酸盐;湿地

赤潮是海水中某些藻类植物暴发性增殖或集聚使海水变色的现象。大量研究表明,海域营养盐污染或富营养化是赤潮频繁发生的最重要原因。近些年来随着我国经济的发展,人口的增多,对海洋的污染也日愈加剧。近海水域水质的富营养化导致了赤潮频发,给我国的海洋经济带来了重大经济损失,已严重地影响了我国海洋经济的可持续发展,如何预防和解决赤潮灾害已是一个亟待解决的重要课题。

一、赤潮灾害的发展现状及危害

2004年5月初,东海爆发特大面积赤潮灾害事件,污染面积达1万km²,使浙江近海生态环境遭到严重破坏,2005年6月在该海区又发生7000km²的大面积赤潮……。近些年来我国近海污染加剧,赤潮频发。据《2001年中国环境状况公报》报道:2001年近岸海水域

主要受到活性磷酸盐和无机氮影响。中国海域赤潮发生次数增多,发生时间提前,主要赤潮生物种类增多,总次数和累计影响均比上年有大幅度增加。全国海域共发生赤潮77次,累计面积达15000km²余,比上年增加49次,增加面积达5000km²……。我国近年各海区赤潮发生情况见表1。

赤潮的产生不仅破坏了水域生态环境,它给水中各种生物带来的是灭顶之灾。当水中藻类植物生长繁殖到一定密度,水中的鱼类在呼吸过程中吸入大量的水藻将其鱼鳃粘住,使其呼吸困难,最终窒息而死;死亡的生物尸体在腐烂分解过程又需消耗大量的氧,使水中的溶氧量降低,这样又使更多的水中生物因缺氧窒息而死……。赤潮的发生给海洋带来的危害是灾难性的,被海洋专家称之为“海上赤魔”。据初步估算,每年海洋污染给我国生物资源造成的损失就达100亿元人民币。更令

表1 2002—2003年各海区赤潮发生情况(国家海洋局)

海区	赤潮发生次数		累计发生面积(km ²)	
	2002年	2003年	2002年	2003年
黄海	3	5	310	410
渤海	14	12	300	460
东海	51	86	9000	12990
南海	11	16	540	690
合计	79	119	10150	14550

人担忧的是,传统的经济鱼虾类的产卵场、育肥场环境恶化,海洋生物资源得不到补充,一些珍贵鱼种绝迹。近年来在我国危害较大的几次赤潮事件及其造成损失见表 2。

赤潮的频发还给人类的生命安全带来严重威胁。在 260 余种能形成赤潮的海洋浮游微藻中有,其中 70 余种能产生毒素。如:棕囊藻、冈比亚藻、短裸甲藻等。人类若是食用了被这些水藻污染的鱼、虾、贝类等,会产生致癌、中毒、严重的可导致死亡。我国已造成的有毒藻中毒事件已有近千人中毒,至少造成几十人死亡,我国沿海发生的与赤潮有关的中毒事件见表 3。

二、目前对赤潮的研究和管理进展情况

我国的赤潮研究工作经过国家自然科学基金和国家重点基础研究规划项目,对近海有毒赤潮发生的生态学、海洋机制及预测防治的研究取得了一定进展。但目前在我国赤潮研究仍处在对赤潮的发生机理与机制的基础研究状态。

在赤潮的管理等方面,我国已开展了“中国赤潮灾害的预警预报服务”。我国的赤潮灾害预报经过“十

五”国家科技攻关计划重点项目——“赤潮灾害预报技术研究”已研究取得重要进展,并已通过国家有关部门验收。该课题利用卫星遥感探测技术,建立了赤潮遥感监测模型,并进行跟踪预报,初步探讨了赤潮数值预报技术;建立有毒赤潮诊断技术指标;开发了中国近海赤潮信息管理系统;编制了《赤潮灾害信息标准化技术规范》等。目前,国家海洋局不断加大赤潮监控的力度,已在全国重点海域建立了 33 个赤潮监控区,其中北海 11 个,东海 13 个,南海 19 个,开展高频率、高密度的监视检测,做到监控区内赤潮发现率百分之百。

在加强赤潮信息管理方面,国家海洋局依据《中华人民共和国海洋环境保护法》中的有关规定,于 2002 年 1 月 22 日颁布了《海洋赤潮信息管理暂行规定》规范了赤潮信息发布的行为。

对于赤潮灾害发生后的补救方法有:(1) 物理方法,就是采用向赤潮水体充气,将养殖网箱下沉或拖曳它处以避开赤潮发生水域、超声波破坏赤潮藻细胞等;(2) 化学方法,就是采用一些对赤潮生物细胞破坏力大、其自身的毒力又比较低、对海洋环境不造成污染或污染非常轻微的化学物质,如硫酸铜、过氧化氢等以及

表 2 近年来在中国危害较大的几次赤潮事件及其造成的损失

发生时间	发生区域与范围	赤潮生物种类	危害及经济损失
1987 夏季	香港海域大片水域		致死鱼类 120 t
1988-02-05	香港吐露港	多纹漆沟藻	鱼贝死亡经济损失 700 万港元
1989-08-09	河北黄骅海域,面积约 1 300 km ²	甲藻雷	经济损失约 3 亿元
1991-03-20	广东大鹏湾	海洋卡顿藻	海面死鱼,养殖基地及个体养殖户万顷鱼苗死亡
1993-06	海南陵水新村港		92 个鱼排死鱼,直接经济损失 1 835 万元
1997-12-1998-01	福建东山 / 广东饶平	球型棕囊藻	经济损失 1.8 亿元
1998-03-04	珠江口粤港海域	凯伦藻 - 裸甲藻	经济损失 4 亿元
2004-05	浙江海域 1 万 km ²	原甲藻 - 亚历山大藻	生态系统遭到严重破坏

表 3 我国沿海发生的与赤潮有关的中毒事件

时间	地点	中毒	死亡	食用贝类	肇事藻种
1967-1997	浙江	423	32	红带织纹螺	DN*
1986	台湾	130	2	Soletellin diphos	塔马亚历山大藻
1986-11	福建	236	1	菲律宾蛤仔	裸甲藻
1989-02	广东	5	-	红带织纹螺	冈比亚藻
1989-11	福建	4	1	红带织纹螺	DN
1991-02	台湾	8	-	Soletellina diphos	塔马亚历山大藻
1991-03	广东	4	2	翡翠贻贝	DN
1994-06	浙江	5	1	红带织纹螺	DN

DN* 为未监测到。

一些凝固剂, 喷洒在赤潮发生海区以杀灭赤潮生物, (3) 生物方法, 研究探索“以藻治藻”或“以虫治藻”等方法, 挑选和培养某些赤潮生物的“克星”生物。

这些方法对水藻的灭杀虽然能起到一定的效果, 但也有弊端。(1) 这些方法对于几千乃至上万平方千米的大面积赤潮发生海域来说只是杯水车薪; (2) 这些方法如用药物灭杀的同时会给海洋生物带来新的危害和海洋污染; (3) 赤潮已经发生, 其污染、危害的效果已经产生, 采取上述方法亡羊补牢为时已晚。因此, 这些对赤潮的治理也只是针对养殖区等小范围的海区而进行, 以缓解或减少水产养殖的损失。

三、预防赤潮发生应控制和治理陆地污染源排放

研究一下我国赤潮频发区的分布不难发现: 这些区域主要分布在经济发达的河口和内海湾海域, 而这些海域正是沿岸工业废水、生活污水、农业排水、江河径流的排放区, 污水大量排入海中, 使营养物质在水中富集, 使氮、磷等营养盐物质大大超标, 造成海域水质富营养化, 海水富营养化是为赤潮生物快速生长繁殖提供了物质基础和首要条件, 中国海洋赤潮频发危害加剧陆源污染是罪魁祸首。因此, 控制和治理陆源氮、磷等营养盐污染排放是预防赤潮发生的有效措施。

1. 控制磷污染应洗涤剂禁磷

氮、磷的过量排放是水质富营养化的主体。在合适的光照、温度和充分具备营养物质的条件下, 藻类光合作用的总反应式为: $106\text{CO}_2 + 16\text{NO}_3^- + \text{HPO}_4^{2-} + 18\text{H}^+ + \text{能量} + \text{微量元素} \rightarrow \text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}_1 + 138\text{O}_2$ (藻类原生质) 根据 Leibig 最小定理, 植物的生长取决于外界供给它们的养分中最少的一种。从藻类原生质 $\text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}_1$ 可以看出, 生产 1 kg 藻类需要消耗碳 358 g、氧 496 g、氮 63 g、磷 9 g, 磷是最小限制因素, 因而就是导致富营养化的决定因素。所以控制水中磷负荷是预防赤潮发生的捷径。

在流入水体中磷的来源主要是农田中被雨水冲走的磷肥、与磷化工有关的工业污水及含磷洗涤剂废水。据统计我国每年生产的各种洗涤剂如洗衣粉、餐具清洗剂、金属清洗剂等已达到 400 万 t, 三聚磷酸钠是生产洗涤剂的基本原料, 年消耗量在 60 万~70 万 t。这些磷酸盐随洗涤废水排放掉, 大都流入了江河湖海。根据地区环境的不同约占排入总磷量的 60%~20% 之间不等, 已大大超过水自身降解的能力。

含磷洗涤剂的洗涤污水排放, 是水域中磷酸盐的主要来源之一。如果在国内禁止生产、销售、使用含磷洗涤剂, 即: 洗涤剂禁磷。那么至少可控制住洗涤剂污水中磷酸盐对水域环境的污染, 从污染的源头扼制住污染物, 也是在目前条件下相对简单、易行的环保措施。因此洗涤剂禁磷可以在较少的投资内、最大程度上、最短时间内减少水域水质的磷负荷, 使水域富营养化问题得到有效缓解。而只有政府等部门通过立法的形势禁磷, 才能使禁磷得到长期、有效的保障。另外, 洗涤剂禁磷还可以节省大量的磷资源。在我国磷资源的开采还能维持 15 年左右, 磷矿已被列为我国 2010 年后不能满足国民经济发展需要的 20 种矿产之一。我国是农业大国, 有限的磷资源应用到农业生产当中去。生产洗衣粉的助剂可以选用别的相应产品, 以节省磷资源的使用。

在国外经济发达国家洗涤剂禁磷已有几十年的历史, 进入 20 世纪 60 年代以来, 世界上人口密集的大湖泊区域, 先后受到污染。美国、加拿大对该地区五大湖区水质污染调查表明, 是氮、磷引起的富营养化所致, 同时调查出洗涤剂中磷成分是造成富营养化的主要原因之一。由此开始了世界范围内的洗涤剂禁、限磷运动。美国 42% 以上的地区禁磷, 预计几年内会扩展到 87%。在亚洲的日本、韩国的洗涤剂含磷量为零, “无磷酸盐”已成为洗涤剂销售的一句广告词, 早已将磷酸盐视为“磷毒”及污染江河湖海的罪魁祸首, 而至今禁磷工作没有间断过。西欧、北欧禁、限磷情况见表 4。

表 4 西欧、北欧限磷情况

国家	洗涤剂中含磷极限%	生效日期	措施
原联邦德国	5.5	1984.11	立法
芬兰	1.0	1970	行业规定
意大利	2.5	1986.07.01	立法
荷兰	3.5	1983.01.03	行业规定
挪威	3.0	1986.01.01	立法
奥地利	6.5	1985.01.01	立法
瑞典	0	1970	行业规定
瑞士	0	1986.07.01	立法

多年来我国江苏省的太湖水质一直处于富营养化状态,洗涤剂中磷酸盐对太湖水质富营养化的贡献有多大?2002年洗涤剂行业的主管部门委托中国科学院南京地理与湖泊研究所,完成了太湖地区禁磷措施效果评估研究报告。经评估研究表明,太湖流域洗涤剂排磷占入湖总量负荷的比例为16.1%,是太湖第二大磷贡献源。至此江苏省做出了于2003年7月1日省内全面禁磷的决定。2001年在中国渤海实施《渤海碧海行动计划》中,环渤海湾四省全面开展了禁磷,渤海2001—2003年发生的起数从22起下降到13起、12起,这说明“渤海碧海行动计划的禁磷”是见了成效的。全国洗涤剂禁磷地区及实施时间见表5。

表5 全国洗涤剂禁磷地区及实施时间

禁磷地区	实施时间	禁磷地区	实施时间
昆明、滇池流域	1998-10-01	哈尔滨	2000-10-01
杭州市	1998-12-01	山东省	2000-12-15
江苏省	2003-07-01	河北省	2001-01-01
厦门、深圳	1999-10-01	重庆地区	2003-01-01
安徽、巢湖流域	2000-11	广东省	2003-10-30
辽宁省	2000-10-01	天津地区	2000-10-01

2. 在江河径流地域、入海口建立大面积湿地

从赤潮发生的地里特征来说,我国赤潮高发区辽东湾、大连湾、胶州湾、杭州湾、深圳湾及黄河口、长江口、珠江口、厦门港等海域发生的赤潮均属于内湾河口型赤潮。赤潮形成的原因比较复杂,但有一个共识,即赤潮生物的存在和水体污染(富营养化)是形成赤潮的主要原因。含有大量氮、磷、微量元素和有机营养物的工业废水、生活污水经内陆江、河流排入海洋,海洋遭受严重污染,造成海域水质的富营养化所致。如果在江河径流地域和入海口等地域建立起大面积的湿地、湖泊,可使废水、污水中携带的氮、磷等微量元素和有机营养物得到有效的沉淀、净化和吸收后再流入近海,则可大大缓解近海水域水质的富营养化。

在湖滩湿地、湖泊水面中能生长数十种水中植物,分为沉水植物、浮叶植物、漂浮植物和挺水植物等。如,水葫芦、茭草、苦草等。如果从生态的观点看,水葫芦就是宝葫芦。

植物学家们总结了许多研究成果后认为,水葫芦在生长过程中需要吸收大量的氮、磷等营养物质,并对重金属离子、农药和其他人工合成化合物等有极强的富集能力。同时水葫芦发达的根系所分泌出的物质,可有效降解毒杀酚、灭蚊灵、等多种有机毒物。水葫芦的吸污能力在所有的水草中是最强的。在适宜条件下,一公顷水葫

芦能将800人排放的氮、磷元素当天吸收掉,水葫芦还能从污水中除去镉、铅、汞、铊、银、钴和铈等重金属元素。

水质监测数据表明,湿地生态系统对水体TN、TP、COD的去除率分别达到90%、87%和25%。对水中氮的去除率为75%,磷的去除率为65%。科学研究结果证明,湖滩湿地对磷污染的去除能力高达每平方米湿地每年5~10g。流入湿地的营养物随沉积物沉降之后,通过湿地植物吸收,经化学和生物学过程转换而被储存起来。从湿地收获生物量,意味着营养物质以有用的形式从该系统中排除出去。无机磷和氮是通过湿地的化学过程被排除,储存或转移的最重要的营养物质。由于沼泽能力有效地排除水流中的营养物,所以很多天然湿地被用来

处理废水降、解污染物。随着工农业生产和人类其他活动以及径流等自然过程带来农药、工业污染物、有毒物质进入湿地,湿地的生物和化学过程可使有毒物质降解和转化,使当地和下游区域受益。因此,湖泊湿地被誉为“自然之肾”。

近几十年来,由于不合理围垦,包括围湖造田、围海造地、截留水源、滩涂开垦等中国湿地的面积急剧减少,生态功能日趋降低。据不完全统计,中国沿海地区累计已丧失滨海滩涂湿地面积约119万hm²,另因城乡工矿占用湿地约100万hm²,两项相当于沿海湿地总面积的50%;全国围垦湖泊面积达130万hm²以上,因围垦而消亡的天然湖泊近1000个……。值得欣慰的是,国家和政府对于丧失湿地带来的危害非常重视,中国国家林业局主持编制《中国湿地保护行动计划》于2000年9月圆满完成,至此中国的湿地保护有了自己的行动纲领,湿地保护行动计划已经在逐步实施。

总之,赤潮灾害是世界性难题,目前我国对于赤潮的研究仍处于基础阶段。赤潮灾害的治理应以预防为主,在海洋部门加强监测的同时,通过宣传教育、建立有关环保法规,以提高全民海洋保护意识。特别要加强陆源污染的管理,争取从源头上控制污染物,将可能将引发赤潮灾害的人为因素消灭在萌芽状态。

(作者单位 山东海洋经济研究中心)