

大连市 海域污染控制 与规划研究

何远光 严良政 单 光 / 主编

DALIANSHI
HAIYU WURAN KONGZHI
YU GUIHUA YANJIU

中国环境出版社

本书由大连市人民政府资助出版

大连市海域污染控制与规划研究

何远光 严良政 单 光 主编



中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

大连市海域污染控制与规划研究/何远光, 严良政, 单光主编. —北京: 中国环境出版社, 2016.4

ISBN 978-7-5111-2639-9

I. ①大… II. ①何… ②严… ③单… III. ①海洋污染—污染防治—研究—大连市 IV. ①X55

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第304926号

出版人 王新程
责任编辑 董蓓蓓 沈建
责任校对 尹芳
封面设计 彭杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016年4月第1版
印 次 2016年4月第1次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 12.25
字 数 300千字
定 价 36.00元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前言

2013年7月30日,中共中央政治局就建设海洋强国进行第八次集体学习。中共中央总书记习近平指出:要保护海洋生态环境,着力推动海洋开发方式向循环利用型转变;要下决心采取措施,全力遏制海洋生态环境的不断恶化趋势,让我国海洋生态环境有一个明显改观,让人民群众吃上绿色、安全、放心的海产品,享受到碧海蓝天、洁净沙滩;要把海洋生态文明建设纳入海洋开发总布局之中,坚持开发和保护并重、污染防治和生态修复并举,科学合理开发利用海洋资源,维护海洋自然再生能力;要从源头上有效控制陆源污染物入海排放,加快建立海洋生态补偿和生态损害赔偿制度,开展海洋修复工程,推进海洋自然保护区建设。

中国是个海洋大国,拥有18000多km的大陆岸线,沿海岛屿6500多个。中国在沿海200km的范围内,用不到30%的陆域土地,承载着全国40%以上的人口、50%以上的大城市。整个“十五”期间,中国海洋经济以年均11.1%的速度快速稳定增长,海洋产业增加值占国民经济的比重已达到4%,达到世界平均水平。海洋对于中国来说,是被寄予很大希望的、具有战略意义的资源接替空间。加强对海洋资源与环境的综合管理,规范海洋开发利用秩序,是实现海洋经济可持续发展的根本保证。因此,近岸海域环境质量的好坏对沿海地区社会经济的持续发展具有直接的影响。

近年来,随着沿海经济的快速发展、人口的增加以及城市化进程的加快,城市化率大幅度提高,工业快速发展,工业排污量也不断上涨,另外农业上化肥施用量增加也较快,这些都导致污染物排放量大幅度提高,污染物入海总量也不断增加,从而导致近岸海域水质恶化、海洋生态系统失衡、赤潮灾害频发等海洋生态环境问题日益明显。世界51%的海岸带已受到中度或重度的开发活动带来的威胁。由于人为干扰对生态系统造成的影响往往比自然干扰更加深远,持续时间更长,所以生态环境正面临着越来越大的压力,污染的区域范围也不断扩大。近岸海域主要受有机物和营养盐的污染,并不断加重,局部海域受油类和重金属污染较严重;在近岸海水、沉积物和海洋生物体内可普遍检出人工合成的有毒有机物质。海洋生态环境污染在不断恶化和加剧,许多近海生物会因不能忍受而数量锐减甚至灭亡,生物种类明显减少。此外,污染也会使水生生物带有异味,体内有毒物质含量超过食用标准,从而大大降低生物资源的质量和商品价值,甚至危及人体健康。目前,我国入海污染物排放的加剧,已经造成了近岸海域的COD、营养盐、石油类和重金属等含量超标严重,赤潮频发,富营养化加剧,水质的严重污染使局部一些海域的水质达不到功能

区的水质目标要求。海洋对人类生存的作用正受到沿海地区开发和陆源污染的严重危害。

对于近岸海域所出现的问题,我们应采取相应的措施来缓解近岸海域生态环境压力,制定合理的污染控制方案,对近岸海域的利用加以合理规划。在限制污染物排放量的同时,也需要了解海域自身的扩散、降解能力,为海域环境质量的分析、评价和环境区划提供依据,为国家制定环境标准和排放标准提供依据,为陆源污染物排海总量控制方法的建立以及进而制定削减方案提供必要的科学基础和技术支撑。

本书研究了大连海洋及部分陆域环境质量现状及其污染程度,分析了主要陆源污染物排放及空间分布状况,对主要污染物排放的趋势进行预估,利用环境污染系统分析指出大连市海域面临的主要环境问题,以大连市海域污染海陆一体化调控模型为指导,提出大连市海域环境保护工作的主要思路、海域污染控制具体项目建议和构建大连海域环境保护机制的设想。本书重在探索建立大连海域污染控制实施机制,力求破解跨部门的统筹、协调和资金筹措问题,提出了一系列有益建议,实现了海陆统筹、城乡统筹规划的要求。对促进大连海域环境保护形成合力,实现经济、环境和谐发展具有重要作用。

本书坚持科学性、实用性,反映近岸海域污染控制理论与实践的最新进展,力求系统全面、结构合理。全书共分6章,是集体智慧的结晶。主要参加撰写的人员有(以姓名拼音顺序): 窦应瑛、林成先、王德河、阎振元、张令、张萍萍、张英宇、曾宗鹏等。

本书获得了大连市人民政府资助。在课题的研究过程中,大连市环境科学设计研究院院长王焕顺等领导给予了指导和大力支持;中国环境出版社的领导和编辑为本书的出版做了大量工作,在此一并表示衷心的感谢!

全书写作过程中参考并引用了众多专家学者的科学研究成果,在此向相关作者表示衷心的感谢。由于海域污染控制规划涉及领域广泛以及水平的限制,可能存在疏漏、不足之处,敬请读者不吝批评指正。

作 者

2015年7月

目 录

第一章 海域污染控制研究现状及方法	1
第一节 海域污染控制研究背景	1
第二节 海域污染控制研究现状	8
第三节 海域污染控制研究范围	20
第四节 海域污染控制研究内容与技术方法	21
第二章 研究区域概况	23
第一节 自然环境	23
第二节 社会经济	27
第三节 环境质量现状	27
第四节 陆源污染物排放及空间分布现状	52
第五节 海域污染控制现状	61
第六节 海域面临的主要环境问题	65
第七节 污染系统分析	70
第八节 现有环境管理机制、措施和存在的问题	70
第三章 海域污染控制模型化研究	78
第一节 海域环境质量评价模型	78
第二节 海域污染物浓度预测模型	84
第三节 海域环境容量预测模型	104
第四章 海域污染管理及控制研究	108
第一节 海岸带综合管理	108
第二节 海陆一体化调控	110
第三节 污染物总量控制	132
第五章 大连市海域污染系统分析与控制规划	144
第一节 海域污染控制目标	144
第二节 环境功能区划	145
第三节 主要污染物排放趋势分析	150
第四节 环境容量分析	153

第五节 大连海域污染控制对策研究	162
第六章 结论	179
第一节 大连海域环境质量良好	179
第二节 主要陆源污染物以 COD 和氨氮为主	180
第三节 近岸海域环境容量部分地区仍有剩余	180
第四节 大连海域环境污染问题	181
第五节 大连海域污染控制对策	182
参考文献	184
附图	185

第一章 海域污染控制研究现状及方法

海洋是被寄予很大希望的、具有战略意义的资源接替空间。加强海洋资源有序利用和海域环境综合管理,是实现海洋经济可持续发展的根本保证。国际上,海洋环境管理已从以往单纯的海洋污染管理发展到当前的海洋生态环境综合管理。在海域环境质量评价、污染物浓度预测、环境容量预测的相应模型等方面开展了大量研究,海域污染的管控不仅涉及海岸带管理,而且已经开始关注污染物总量控制的海陆一体化管理。

第一节 海域污染控制研究背景

2013年7月30日,中共中央政治局就建设海洋强国进行第八次集体学习。中共中央总书记习近平指出:要保护海洋生态环境,着力推动海洋开发方式向循环利用型转变;要下决心采取措施,全力遏制海洋生态环境的不断恶化趋势,让我国海洋生态环境有一个明显改观,让人民群众吃上绿色、安全、放心的海产品,享受到碧海蓝天、洁净沙滩;要把海洋生态文明建设纳入海洋开发总布局之中,坚持开发和保护并重、污染防治和生态修复并举,科学合理开发利用海洋资源,维护海洋自然再生产能力;要从源头上有效控制陆源污染物入海排放,加快建立海洋生态补偿和生态损害赔偿制度,开展海洋修复工程,推进海洋自然保护区建设。

随着沿海经济的迅猛发展,近海海域遭到越来越严重的污染,海域环境质量明显下降,生态环境日趋恶化。当前,在陆地资源日趋紧张和环境污染日趋严重的形势下,我国经济对海洋资源的依赖程度会越来越大,因此保护海洋环境是提高海洋资源开发能力和实现海洋强国的必然需求。

一、我国重点海域的污染现状

20世纪70年代末期以来,现代海洋开发活动在迅速展现其巨大的经济效益的同时,也带来了一系列的资源与环境问题。海洋环境污染问题日渐凸显,至20世纪末,已有20万 km^2 的近岸海域和近海海域受到污染,其中约4万 km^2 海域的水质污染较重,海洋沉积物和海洋生物质量均受到不同程度的影响,赤潮频繁发生,海洋生态环境破坏加剧,生物多样性降低。比如,近海渔业资源严重捕捞过度使海洋生物资源破坏严重;入海污染物总量不断增加,致使某些海域环境污染加剧,生态环境趋于恶化;缺乏高层次的规划和协调机制造成用海行业之间矛盾突出,开发利用不合理;全球气候变化及沿海地区经济活动增加使海洋性灾害频率增高,范围扩大,经济损失程度也相应增加,后果更严重。简而言之,根据《2007年中国海洋环境质量公报》,近岸局部海域海水环境污染依然严重。

2007年,我国近岸局部海域水质略有好转,但污染形势依然严峻;近海绝大部分区域水质达清洁和较清洁标准;远海海域水质继续保持良好。全海域未达到清洁海域水质标准的面积约14.5万 km^2 ,比2006年减少约0.4万 km^2 。较清洁海域、轻度污染海域、中度污染海域和严重污染海域面积分别约为5.1万 km^2 、4.8万 km^2 、1.7万 km^2 和2.9万 km^2 。严重污染海域主要分布在辽东湾、渤海湾、黄河口、莱州湾、长江口、杭州湾、珠江口和部分大中城市近岸局部水域。

渤海:海域污染依然严重。未达到清洁海域水质标准的面积约2.4万 km^2 ,约占渤海总面积的31%,比2006年增加约0.4万 km^2 。严重污染、中度污染、轻度污染和较清洁海域面积分别约为0.6万 km^2 、0.5万 km^2 、0.6万 km^2 和0.7万 km^2 ,严重污染和中度污染海域面积比2006年各增加约0.3万 km^2 。严重污染海域主要集中在辽东湾近岸、渤海湾、黄河口和莱州湾。主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和石油类。

黄海:未达到清洁海域水质标准的面积约2.8万 km^2 ,比2006年减少约1.5万 km^2 。严重污染、中度污染、轻度污染和较清洁海域面积分别为0.3万 km^2 、0.4万 km^2 、1.2万 km^2 和0.9万 km^2 。严重污染海域面积比2006年有较大幅度减少。严重污染海域主要集中在鸭绿江口、大连湾和苏北沿岸。主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和石油类。

东海:未达到清洁海域水质标准的面积约7.1万 km^2 ,比2006年增加约0.4万 km^2 。严重污染、中度污染、轻度污染和较清洁海域面积分别为1.7万 km^2 、0.6万 km^2 、2.6万 km^2 和2.2万 km^2 ,严重污染和轻度污染海域面积均比2006年有所增加。严重污染海域主要集中在长江口、杭州湾、舟山群岛、象山港、闽江口和厦门近岸海域。主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和石油类。

南海:未达到清洁海域水质标准的面积约2.2万 km^2 ,比2006年增加约0.4万 km^2 。其中,严重污染、中度污染、轻度污染和较清洁海域面积分别为0.4万 km^2 、0.2万 km^2 、0.4万 km^2 和1.2万 km^2 。严重污染海域面积比2006年增加0.2万 km^2 。严重污染海域主要集中在珠江口海域。主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和石油类。

二、海域污染控制的必要性

1. 海域污染的因素

海域生态环境是海洋生物生存和发展的基本条件,生态环境的任何改变都有可能導致生态系统和生物资源的变化,海水的有机统一性及其流动交换等物理、化学、生物、地质的有机联系,使海域的整体性和组成要素之间密切相关,任何海域某一要素的变化(包括自然的和人为的),都不可能仅仅局限在产生的具体地点上,都有可能对邻近海域或者其他要素产生直接或者间接的影响和作用。生物依赖于环境,环境影响生物的生存和繁衍。当外界环境变化量超过生物群落的忍受限度时,就要直接影响生态系统的良性循环,从而造成生态系统的破坏。

海洋生态平衡的打破,一般来自两方面的原因:一是自然本身的变化,如自然灾害。二是人类的活动,一类是不合理的、超强度的开发利用海洋生物资源,例如近海区域的酷渔滥捕,使海洋渔业资源严重衰退;另一类是不适当地利用海洋环境空间,致使海域污染

和生态环境恶化,例如对沿海湿地的围垦必然改变海岸形态,降低海岸线的曲折度,危及红树林等生物资源,造成对海洋生态环境的破坏。海洋生物多样性的减少,是人类生存条件和生存环境恶化的一个信号,这一趋势目前还在加速发展的过程中,其影响固然直接危及当代人的利益,但更为主要的是对后代人未来持续发展的积累性后果。因此,只有加强海域生态环境的保护,重视海域污染控制,才能真正实现海洋资源的可持续利用。造成近岸海域环境污染的人为因素主要有以下几个方面:

(1) 工业污染源

沿海地区是经济发展较快的地区,工业废水的排放量也呈逐年上升趋势。工业废水中含有汞、镉、铬、铅、砷、铜、锌等重金属以及无机氮(DIN)、无机磷(DIP)、溶解性有机碳(DOC)、油类等污染物。其中重金属入海后通过沉淀作用、吸附作用、络合与螯合作用以及氧化还原作用在水体中迁移转化,或被海洋生物吸收后随食物链积累与放大,无机氮、无机磷则作为海水中的营养盐而被浮游植物吸收;而DOC只能通过微生物分解及化学氧化进行溶解。

(2) 农业污染源

目前世界上农药种类多达1000余种,常用的就有250余种,随着农业现代化程度的不断提高和免耕法的广泛运用,杀虫剂、除草剂等用量呈逐年上升趋势。全球农药用量估计在6000万t以上,化肥用量在200亿t以上。这其中约有1/3被植物吸收或滞留于土壤,2/3以上将随径流经江河湖泊汇入海洋中构成海洋中的营养盐输入。

(3) 生活污染源

随着沿海地区经济发展和人口密集化,在不足100 km宽的沿海地带(约占陆地总面积的13%)居住着40%的世界人口。大量未经处理的生活污水排放入海,将DIN、DIP、DOC、异养细菌、大肠菌群及致病微生物等带入海洋。

(4) 养殖废水

海域资源的超负荷利用及海产养殖和滩涂养殖废水直接排入海洋,导致水体交换能力下降,水体中有机物积累,营养盐异常补充,使海域污染加重。

(5) 港口船舶污染源

随着海上养殖业、捕捞业、运输业的迅速发展,船舶污染和港口作业污染使海域油类污染加重。尤其是石油泄漏事故连年不断,给海洋带来了长期的难以消除的污染。

2. 海域污染加剧的原因

(1) 海洋环保意识淡薄

由于受传统观念的影响,社会公众对海洋环境的保护意识是极其薄弱的。首先,长期以来,人们认为海洋资源极其丰富,取之不尽、用之不竭,并且认为海洋面积广、容量大,其净化能力和再生能力很强,是一个天然的、巨大的垃圾处理站。其次,海洋意识淡薄。不仅是内陆和边远地区的人们海洋观念淡薄,即便是生活在海边甚至直接从事涉海活动的人们,也存在着“近海而不识海”的问题;“重陆轻海”的观念根深蒂固,海洋远不如陆地在人们心目中的地位重要。

(2) 沿海经济的迅速发展给海洋环境带来了巨大压力

改革开放以来,中国沿海地区已经初步形成了以重点海域为依托的沿海经济地带。中国沿海省(区、市)总面积 125 万 km^2 , 占全国陆地总面积的 13%, 国民生产总值(GDP)占全国的 58%, 而经济实力的分布又绝大部分集中在环渤海、长江三角洲、珠江三角洲等区域, 其工农业总产值占全部海岸带地区的 80%。20 世纪 90 年代以来, 我国把海洋资源开发作为国家发展战略的重要内容, 把发展海洋经济作为振兴经济的重大措施, 近 20 年来, 沿海地区经济快速发展, 对海洋产业的投入力度逐年增加, 为海洋经济的持续、稳定、快速发展奠定了基础。“九五”期间, 沿海地区主要海洋产业总产值累计达到 1.7 万亿元, 整个“十五”期间, 我国海洋经济以年均 11.1% 的速度快速稳定增长, 海洋产业增加值占国民经济的比重已达到 4%, 达到世界平均水平。沿海经济的迅速发展, 加快了我国的现代化进程, 但同时由于沿海地区工农业生产的迅速发展, 人口的急剧增加, 大量工业废水和生活污水直接或通过江河径流排放入海, 近岸海域有机污染日益严重, 给海洋环境保护造成巨大压力。赤潮的频繁发生就是一个显著表现。

不仅沿海经济发展加剧了海洋环境污染, 主要入海河流沿岸经济的发展, 也在一定程度上加剧了海洋环境的污染。2006 年通过长江、珠江、黄河和闽江等主要河流入海的污染物总量显著增加, 由其携带入海的 COD、油类、氨氮、磷酸盐、砷和重金属(铜、铅、锌、镉、汞)等主要污染物的入海量约为 1 382 万 t。而这一数字 2007 年则达到 1 405 万 t, 比 2006 年有所增加。而且随着未来经济总量的增加和用水量的上升, 以及非点源污染治理难度的加大, 流域水环境污染在短期内还有加重的趋势。

(3) 相关制度不完善, 现有制度执行效果不明显

陆源污染防治的有关制度不完善, 现有制度执行效果不明显, 使陆源污染治理的效果大打折扣。这种缺陷突出表现在我国的排污许可证制度中, 首先, 排污口设置不合理。2007 年, 全国实施监测的入海排污口 573 个(渤海沿岸 100 个、黄海沿岸 185 个、东海沿岸 118 个、南海沿岸 170 个), 其中工业和市政排污口占 70.3%, 排污河和其他排污口占 29.7%。设置在海水增殖区的排污口占 32.8%, 设置在旅游区(度假和风景旅游区)的占 11.5%, 设置在海洋自然保护区的占 1.2%, 设置在港口航运区的占 33.5%, 设置在排污区的占 7.5%, 其他海洋功能区的占 13.5%, 排污口设置不合理的现象依然存在。其次, 我国沿海城镇的污水处理率较低, 大量未经有效处理的污水被排放入海, 从而导致近年来陆源污染物年入海量以 5% 的速度持续递增。根据历年中国统计年鉴关于我国主要沿海城市工业废水排放量及直接入海量的数据, 经计算可以得出 1999 年我国主要沿海城市工业废水直接入海率为 37.13%, 2005 年为 34.16%, 2006 年为 30.79%。由此可见, 人类工业生产中产生的废水 1/3 左右是直接排放入海的。再次, 沿海城镇生活污水的大量排放也是导致海域污染的重要方面。最后, 各排污口超标排放现象严重。2006 年监测数据表明, 近 90% 的被监测排污口存在超标排放现象, 在所监测的 115 km^2 的重点排污口邻近海域, 全部为劣四类水质。从 2007 年各省(自治区、直辖市)入海排污口超标排放情况统计来看, 部分省市超标排污口所占比例虽然较往年有所下降, 但总体而言, 超标排污的现象仍然呈加重趋势, 沿海 11 个省市的超标排污所占的比例均在 75% 以上, 甚至某些地方高达 100%。超标排污的现象及其严重的趋势仍不能完全被遏制。国家海洋局发布的《2006 年中国海洋环境质量公报》

显示,渤海沿岸超标排放的排污口比例高达 90%之多。由此可见,现有的排污许可证制度尚存在不足之处。国家虽然意识到了海陆统筹的重要性,但是在实际工作中,遵循的仍然是“以陆定海”,只注重陆地上的污染防治,而忽略了海洋的承载能力。即使是达标排放,如果不从总量上加以控制,照样会对海洋造成严重污染,但是对于总量控制制度,还没有完善的法规和管理办法,仅在《中华人民共和国水污染防治法》中提到了要在污染严重的流域实行总量核定制度,这对于开展工作极为不利。

(4) 公众参与缺乏主动性

我国陆源污染防治工作走的仍然是政府主导型的道路,公众没有在陆源污染防治工作中发挥应有的作用。我国日益恶化的海洋环境尤其是渤海陆源污染状况的加剧,让我们清楚地认识到,陆源污染防治工作,仅仅依靠政府是不够的,公众深受环境污染的危害,他们对环境污染有着切肤之痛,而且他们也是污染源的制造者之一,他们有义务为陆源污染防治尽上自己的一份力量。由于我国行政执法人力、财力等多方面原因的限制,公众对排污的监督不会那么及时和到位,而且由于有些政府领导污染防治观念不强,监督的效果也会大打折扣。

(5) 人口压力不断加大

以海洋为依托的沿海经济对我国经济发展和社会进步起到了重要的促进作用。在沿海 200 km 的范围内,不到 30%的陆域土地,承载人口近 5 亿,占全国的 40%。沿海岸宽约 60 km 的狭长地带,是全国人口最集中、经济最发达的区域。仅珠江三角洲地区,在占全国 0.4%的国土面积上就聚集了全国 3%的人口。研究表明,目前和今后一个相当长的时期内,都存在着人口趋海移动的问题。到 21 世纪中叶,我国人口将会达到 16 亿,其中也可能有 60%的人居住在沿海地区,人口密度将超过沿海地区人口承载力。由于人类活动产生的大部分污染物最终会直接或间接地进入海洋,这些污染物大大地超过了海洋的承载阈值,致使海洋污染情况趋于严重。

(6) 经济、社会发展模式落后

人口增长、经济社会发展是形成环境污染的主要动因,但不是主要原因。落后的经济、社会发展模式才是环境污染的主要原因;单纯追逐 GDP 发展模式是造成环境污染的主要原因。没有经济的发展,就没有 GDP, GDP 成了经济发展的晴雨表。但是传统的“高消耗、高污染、高排放”的粗放型增长模式导致了严重的江河污染、海洋污染、生物污染,某些地区的经济发展是靠牺牲本地区乃至其他地区的环境利益得到的。按照目前的污染和防治水平,10 年后我们的经济总量翻两番时,污染负荷也会跟着翻两番。

企业追求利益最大化是造成环境污染的重要原因。企业要发展,必须靠积累才能不断扩大再生产的能力。因此,一些企业法人就把追求企业利益最大化定为唯一目标。一切生产成本要从利益最大化中削减下来,排污就成为削减企业成本的丰厚利润。一是未经处理直接排污,不需支付任何费用;二是配备安装治污设备,供相关部门检查之用,检查时开机,检查后关机,基本上不支付费用;三是虽有治污设备,却常常开开停停,支付费用较少;四是选择时间排污,白天不排,晚上排;五是深埋管道排污。一些企业检查时河水变清,过后河水又变黑变臭。污水排入江河、径流入海,最终造成近岸海域的严重污染。

3. 海域污染的潜在影响

由于海洋的流动性和范围的广阔性,海洋成为了人类的共有物,没有所有权制度对海洋环境进行保护。因为海洋环境的这种无主物和共有物的法律特性,虽然人们设计了很多的法律制度措施来控制污染物对海洋环境的污染,但随着经济的发展,入海污染物的总量有增无减。污染物大量排放,致使近海海域污染日益严重,生态环境不断恶化,渔业资源日渐枯竭,生物多样性锐减,海域功能明显下降,资源再生和可持续发展利用能力不断减退。

(1) 发生赤潮

污染物对海洋环境造成的最明显的损害之一就是赤潮的发生。赤潮是在特定的环境条件下,因为原生动物或细菌爆发性增殖或高度聚集而引起水体变色的一种有害生态现象。究其根本原因是大量的工农业废水和生活污水排入海洋,导致近海水域富营养化程度增大。20世纪70年代赤潮每两年发生1次,80年代增加到每年4次,到了90年代之后,每年竟发生30次左右。2000年我国海域共记录到赤潮28起。2001年,全国海域共发现赤潮77次,累计面积达15 000多 km^2 ,比2000年增加49次,增加面积约5 000 km^2 。2006年全年共发生赤潮93次,较2005年增加约13%;赤潮累计发生面积约19 840 km^2 。

赤潮的发生会影响水体的酸碱度和光照度,大量消耗水体的营养物质,并分泌一些抑制其他生物生长的物质或者附着在鱼贝类的表面导致其窒息死亡。赤潮对水产养殖业的危害有时是毁灭性的。在已报道的赤潮事件中,约60%的事件对水产养殖和捕捞业造成直接经济损失,其中约30%的事件是灾难性的,使受害区养殖业经济损失达80%以上。2004年,全国共发生渔业污染事故1 020次,造成直接经济损失10.8亿元。因环境污染造成可测算天然渔业资源经济损失36.5亿元,其中内陆水域天然渔业资源经济损失为8.6亿元,海洋天然渔业资源经济损失为27.9亿元。

(2) 破坏海洋生物资源

生产和生活中产生的废物进入海洋,散播到海洋生物生存的空间,使近岸海域海洋生物生存环境丧失或改变。生命力较弱的海洋生物会因环境的改变而死亡,造成物种消失;生命力强的生物也会因为环境的改变而发生变异,引起海洋生态环境的连锁反应。这些会导致生物群落结构异常,海洋生态系统处于亚健康状态。

污染物的排放影响鱼类的生存环境。如湾内栖息地减小,鱼类洄游的产卵场和索饵场遭到一定程度的破坏,致使经济鱼类显著减少,且出现小型化、幼龄化。同时,人类对海洋的污染程度加重,海洋沉积物质量不断下降。而海洋沉积物是许多海洋生物,特别是底栖生物赖以生存和生长的环境。由于底栖生物大都具有富集污染物质的功能,致使海洋贝类体内污染物残留水平过高。

2007年排污口邻近海域生态环境监测与评价结果显示,实施监测的排污口邻近海域面积940 km^2 ,其中海水质量为四类和劣四类海域面积达530 km^2 ,占监测排污口邻近海域总面积的56%;约53%的排污口邻近海域生态环境质量处于差和极差状态;排污口邻近海域生物质量低劣,底栖经济贝类几近绝迹。

(3) 影响海洋大气

从大尺度范围来看, 海域生态环境问题可通过海洋大气及环流而扩大影响。主要因为污染改变了海面性质, 大量固体、分散的油污水成为吸热体, 使海洋蒸发能力上升, 从而影响了水分循环。特别是发生于热带海域的大规模石油污染和赤潮, 其后果更为严重。我国东海、南海位于亚热带和热带地区, 这里恰是世界上最强大的季风环流发源及必经之地。如果这些海域发生严重的污染, 其影响将波及整个亚洲。

(4) 影响海面环境

据我国验潮站(潮位站)资料统计, 近几十年来, 我国海平面年平均上升 1.5 mm。全局性海平面上升与气候变暖有关, 区域性的相对海平面上升与人为因素有关。然而, 在同等条件下, 长期海洋污染可使蒸发增加、水循环加快。但是, 由于大气增温使其水汽含量增加, 故降水也增多, 又可使海平面下降; 海平面下降又使海域面积减小, 水循环的范围和强度削弱, 陆地干旱加强, 即海洋生态环境问题扩大化。人为地把超过正常水温 4℃ 以上的水排入海洋造成的海洋热污染, 使海水温度不断升高, 海洋生态环境受到破坏。

(5) 影响人类健康

污染物对海洋的危害结果也会体现在人类自己身上。20 世纪 60 年代发生在日本的水俣病和骨痛病就是最形象的例证。因为工业废水污染了海洋, 使得重金属在水体内和鱼体内富集, 当人们饮水和食用了鱼类后, 重金属又转移到人体内, 最终造成人患疾病和死亡。因此, 应加强海域污染形成与污染控制机理研究, 尽快建立适合近海特点的污染控制体系, 有效推进我国的海域生态环境保护工作。

三、海域污染控制存在的问题

1. 海洋环境面临巨大压力

沿海地区是我国经济最发达的地区, 其社会经济呈持续快速发展态势, 国内生产总值增长迅速, 若不采取有效的控制措施, 陆域和海上排污量亦会大幅度增加。沿海地区经济和人口的持续增长使河流及近岸海域水环境面临巨大压力。

2. 控制工程建设任务艰巨

“十五”期间, 由于项目建设能力和资金投入力度不足, 部分建设项目无法按计划完成, 须调整延续至“十一五”期间完成。此外, “十一五”期间, 沿海地区面临着污染物负荷大幅度增加、社会经济发展对环境提出较高要求的双重压力, 污染物削减任务仍将十分艰巨, 各类污染控制计划工程项目的投资、建设和管理运行方面均存在一定的困难和挑战。

3. 监管工作面临挑战

“十五”评估结果表明, 目前海洋环境的监督管理工作并不能完全满足环境保护的需求, 监管水平仍有待提高, 监管力度也有待加强。“十一五”期间, 随着经济和人口的快速增长, 污染负荷排放将大幅度增加, 使得环境保护任务艰巨。必须重视和强化海洋环境

保护相关部门的监管能力建设,同时,充分发挥各涉海部门的监督管理作用,加强部门间的统筹和协调,共同推动和保障各类工作的落实,应对可能发生的问题,促进保护海洋环境、减少陆源污染目标的实现。

第二节 海域污染控制研究现状

一、模型化研究

1. 海域环境质量评价模型

(1) 国外研究动态

国际上,海洋环境管理的趋势已从以往单纯的海洋污染管理发展到当前的海洋生态环境综合管理。相应地,海洋环境质量评价也从以往单一的污染状况评价(包括水质、沉积物和生物体)发展到海洋生态环境质量综合评价。国际上有代表性的被广泛应用的两种河口和沿岸生态环境质量综合评价模型,分别是欧盟的“生态状况评价综合方法”和美国的“沿岸海域状况综合评价方法”。其中,“生态状况评价综合方法”选取了3类质量要素来对河口和沿岸海域的生态状况进行评价,即生物学质量要素、物理化学质量要素和水文形态学质量要素。方法中并未给出确定类型专属参考基准的统一的、具体的方法,各成员国需根据国际通用的一些分析、判别手段来确定类型专属参考基准。例如,对生物学质量要素和一般物理化学质量要素的分析和判别可采用欧盟“综合评价程序,OSPAR-CIMPP”,美国“河口营养状况评价,NFFA-ASSFTS”、河口生物完整性指数、香农-威纳指数(Shannon-Wiener Index)等。“沿岸海域状况综合评价方法”是美国国家环保局根据“净水行动计划”(Clean Water Action Plan)中关于沿岸水域状况综合报告的要求而设计的。这种方法选用了7类指标来评价沿岸水域质量状况,它们是水清澈度、溶解氧、滨海湿地损失、富营养化状况、沉积物污染、底栖指数和鱼组织污染。按照评价海域的现状对这7类指标进行赋分(好=5、一般=3、差=1),这7类指标的平均值即为评价海域的总状况分值,并据此划分为相应的等级。

(2) 国内研究动态

我国的海洋环境质量评价尚停留在基于不同介质(海水、沉积物、生物体)的污染评价,如国家海洋局发布的《中国海洋环境质量公报》中一直是各种介质的污染状况评价和分级内容。评价标准中未包含浮游和底栖生态系统结构和功能变化、富营养化和赤潮、滨海湿地等生态指标,也未包含稀释和冲刷能力(海湾、河口等)等水动力指标。而这些指标是海洋环境质量评价中必不可少的、最重要的评价指标。这一评价体系已远远不能满足我国海洋环境综合管理的需求,成为制约我国海洋生态系统管理和海洋生态环境保护工作发展的瓶颈。我国常用的海洋环境评价主要从以下两个方面来进行:

1) 海水水质评价

海水水质有机污染状况采用有机污染指数法评价(A值),其他水质因子污染状况采用单因子质量指数法评价,其评价标准采用《渔业水质标准》和《海水水质标准》中一类

海水水质标准。在海洋环境质量综合评价时,有机污染 A 值各等级可相应换算为相应等级的 P_i 值。

2) 水质富营养化评价

目前我国对水质富营养化水平还没有统一的评价标准,日本的上田和夫和冈市友利等提出过水质富营养化的划分及评价模型,我国学者也提出过水质富营养化评价指标。概括起来包括:单项指标-富营养化的阈值法、综合指数法[包括营养指数(E)、有机污染评价指数(A)和生物多样性指数(H)]。杨新梅等在1997年11月对大连湾设置调查站位22个,对COD、无机氮、IP、油类等进行了现状调查及评价,利用水质单因子指数法和富营养化指数法得出大连湾水体有机污染和富营养化状况。邱春霞等对大连湾海域的水化学要素(N、P、Si、DO、COD、pH、盐度等)和生物体化学要素(浮游植物、浮游动物等)的含量水平和分布进行了调查研究,并采用富营养化阈值法、综合指数法和生物多样性指数法这3种不同的评价方法对大连湾海域水环境质量进行富营养化评估、有机污染评估和生物多样性的评估。李震等在对大连湾海域的溶解氧、盐度、氨氮等水质指标和浮游生物、叶绿素等生物状况进行调查分析的基础上,采用富营养化指数评价法和香农多样性指数法评价了大连湾海域的水质和生物现状,并对大连湾海域富营养化现状及控制进行了初步探讨。

2. 海域污染物浓度预测模型

实现污染物总量控制涉及多方面的内容。对主要污染源及水质的调查、评价是实施总量控制必需的前提步骤,而环境容量的计算以及容量的分配则是总量控制的基础与核心。近岸海域受潮汐和复杂地形的影响,水动力条件复杂。另外,人们对不同海域往往提出不同的功能要求。因此,近岸海域入海污染物的总量控制较流域总量控制要困难得多。

近岸海域浓度预测模型包括潮流数值模型、海洋生态动力学模型、人工神经网络与遗传算法。建立潮流数值模型、生态动力学模型和人工神经网络对于近岸海域环境管理和环境保护具有重要的意义。

(1) 国外研究动态

1) 潮流数值模型

潮流数值模型是海洋数值模型的基础,也是海洋数值模型中难度最大、最难建立的模型。沿岸海域及潮间带已成为人们越来越重要的经济活动区域,这一区域的海岸工程和制约人们经济活动的海洋环境都涉及近岸潮流这一动力因素,因此,研究近岸浅海的潮流模型具有重要意义。

潮流数值模拟就是利用数值离散通过求解潮流运动控制方程组来模拟潮流运动。潮流数值模拟开始于20世纪20年代,50年代后,海洋流场的数值模拟工作全面展开,先后有大量的数值模型出现。

按维数来分,流场数学模型可分为一维模型、二维模型和三维模型,目前一维、二维模型得到广泛的应用,已经达到实用化的程度。但由于一维、二维模型本身具有局限性,随着计算机技术和计算技术的发展,三维模型成为潮流数值模型的主流。

国外的三维模型应用开始于20世纪70年代末,Lendertse的工作具有开创性,基于简

化过的三维浅水方程,他在垂直方向采用固定分层方法,建立了海湾三维潮流、盐度模型,更好地模拟地形的变化。Phipps 提出的坐标变化方法被应用到三维模型中,为了较严格地确定涡动黏性系数和扩散系数,湍流模型理论在潮流模型中得到了应用。Mellor 和 Yamdaa 建立的海洋三维紊流模型经过十几年的发展,在全世界得到了最广泛的应用。Cuasulh 对三维模型的发展也做了相当多的工作。

目前研制出的三维流场模型非常多,这些模型各有特点,可以从以下几个特性进行分类:垂直方向坐标、水平网格、垂向涡动扩散系数、海面处理方法、数值计算方法、边界处理等。

①垂直方向采用不同的坐标可以分为 z 坐标系、 σ 坐标系和等密度坐标系。

②水平方向坐标分为直角坐标、曲线正交坐标、非正交曲线坐标。

变量的空间配置有 Arkawaa A、B、C 网格等。

③湍流参数化。垂向湍流参数化是流场模型的重要问题,垂向湍流扩散系数有:取常数、采用 Prnadt1 混合长模型、采用 k 方程模型、采用 $k-k_l$ 封闭模型等。水平混合参数有:忽略不计、取常数、采用 Smagrins 场公式求解等。

按是否考虑温盐对流场的影响可以将流场分为正压模型和斜压模型。正压模型不考虑温盐对流场的影响;斜压模型考虑温盐对流场的影响。

④海平面处理方法有刚盖假定和自由波动两种。刚盖的方法不考虑海道平面的波动,略去了易造成计算不稳定的快速传播的外重力波和 Kelvin 波,时间步长可以取得比较大,常用于大洋模型,但不适合应用于潮波和风暴潮中。

⑤数值计算方法。在空间离散上有有限差分法、有限元法和有限体积法。在时间积分上有显式、隐式、半隐半显格式以及时间分步方法。其中,时间分步方法被许多模型采用,其基本思想是引入一个或多个中间变量,在每一时间步内把对时间的积分分解成两个或多个子时间过程。如著名的 ADI 差分格式、预测-校正格式以及高阶 Runge-Kutta 法等。

⑥边界处理。流场模型的边界包括开边界和岸边界。对于开边界条件,有些模型采用实测资料,有的采用单一分潮或多个分潮的组合潮位,有的模型采用嵌套处理,建立嵌套模型。对于岸边界,有的采用固定边界,有的采用活动边界作漫滩处理,对河口、海湾水域,如果出现大范围漫滩,应该采用动边界模型。目前应用较多的动边界处理方法有干点法、湿点法、窄缝法和自适应网格等方法。国际上较为流行的三维潮流模型有:Prinecotn 大学以 Mellor 为首的海洋动力环境数值模拟小组的 POM (Prinecet Ocean Model) 模型、ECOM-SI (Esutarine Coastaland Ocean Model-semi-implicit) 模型;美国麻州大学 FVCOM (Finite Volume Coastand Ocean Mdoel) 模型;德国汉堡大型海洋研究所汉堡陆架模型 HANSOM (Hamburg Shelf Ocean Model);美国 Rand 公司的 Rand 模型;美国陆军工程兵团的 CH3d 模型;意大利的 Trim3d 模型;荷兰的 Deltf 水利学实验室的 Deltf 模型。其中,最有代表性的有限差分方法的模型就是 POM 和 ECOM-SI 以及相似的 SPEM 和 SRUM,较有代表性的有限元模型是 QUOUDY。有限差分方法是最简单的数值离散方法,它最大的优点是计算结构简单、计算速度快、容易修改调整;最大的弱点是对复杂岸界拟合较差。虽然在有限差分中引入正交曲线坐标系和非正交曲线坐标系在一定程度上改变了对较为平滑的浅海岸线的拟合精度,但对弯曲多变的岸界、群岛等复杂的几何结构仍束手无策。