

连云港近岸海域环境演变与生态修复对策研究

陈斌林¹, 郭亚伟², 贺心然², 王淑军³, 郑 丰⁴

(1. 连云港市环境保护局, 江苏 连云港 222001; 2. 连云港市环境监测中心站, 江苏 连云港 222001; 3. 淮海工学院, 江苏 连云港 222005; 4. 连云港市环境信息中心, 江苏 连云港 222001)

摘要:近岸海域环境演变及其发展趋势与人类活动密切相关。近岸海域的环境保护与生态修复措施的选择要求综合考虑多种影响因素。作者以连云港近岸海域为研究对象,在对连云港近岸海域进行综合性生态环境调查的基础上,运用因果链分析法,阐述了社会经济发展因素与环境演变之间的关系,确定了影响近岸海域环境变化的主要因子,对造成这些因子变化的直接原因、间接原因、驱动因素和涉及主体进行了深入分析,并提出了生态修复对策措施。

关键词:近岸海域; 环境演变; 因果链分析法; 生态修复对策

中图分类号:X55, X17

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2009)-0018-07

连云港位于我国沿海中部,是新亚欧大陆桥的东桥头堡。近 20 年来,随着经济发展的加快,连云港的港口建设、临海工业、沿海旅游、近海养殖等海洋开发活动获得了前所未有的发展,也给连云港近岸海域的环境带来了变化。

目前,对连云港近岸海域开发活动造成的生态环境影响缺乏系统、全面的研究,单个工程的环境影响评价难以系统、全面地分析开发活动对海洋生态环境的影响。为此,本研究于 2005 年 10 月对连云港近岸海域进行了一次综合性生态环境调查,从海水化学、沉积物、海洋生物等方面对海洋生态压力、生态效应等有关指标进行了监测,结合历史调查资料,重点研究了人类开发活动对碱厂海域、港口海域和核电站海域造成的累积环境影响,并运用因果链分析法,在综合分析的基础上,提出了生态修复对策措施,为连云港近岸海域的开发利用和可持续发展提供了科学依据,也为其他地区的海洋开发与保护提供范例。

1 近岸海域生态环境影响因素

1.1 陆源污染对海洋生态环境的影响

1.1.1 污染源分析

(1) 农业污染。农业污染主要通过地表径流携带污染物随河流进入海洋。在荷兰,来自农田的 N、P 分别占 60% 和 50% 左右^[1],而美国 60% 以上的地表水环境问题是由农业活动引起的^[2]。根据《杭州湾环境研究项目》:入海无机氮的 75% 来自粪肥和化肥,20% 来自生活和其他非人为的陆上污染源,而只

有 5% 来自工业;入海总磷的 27% 来自粪肥和化肥,14% 来自生活,59% 来自其他(指附着在土上的磷随水土流失而进入水体中),工业来源为零^[3]。

连云港市农业种植面积较大,农业生产中大量使用化肥、农药。入海河流及近岸海域氮、磷污染主要来自农业面源。据统计,全市农作物播种面积为 54.68 万 hm^2 ,每年使用农药为 4 442 t,化肥使用量为 16.95 万 t,而 1981 年全市化肥使用量为 15.09 万 t^[4]。由于利用率偏低,农业非点源污染严重,导致大量的化肥农药随着农田回归水经河流入海,近岸海域 N、P 污染比较严重,近几年时有赤潮发生^[5,6]。

(2) 生活污染。因城市人口不断增加,生活水平逐年提高,造成生活污染负荷增加,导致水污染加剧。据统计,2005 年连云港市生活污水排放的 COD_{Mn} 占 80.3% 以上,另外,由于旅游业的迅速发展,服务业排放的污水也逐年增加。

(3) 工业污染。工业废水排放量虽然占比例较小,但近几年沿海开发的进程加快,重污染产业转移较多。新沂河、临洪河等主要入海河口均受到不同程度的污染^[7]。河流携带大量污染物是造成近岸海域水质污染的主要原因。

收稿日期:2008-07-28,修回日期:2008-12-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40746030);江苏省环境保护科技资助项目(苏财建[2005]80号)

作者简介:陈斌林(1962-),男,江苏连云港人,高级工程师,博士,主要从事海洋生态环境保护研究,电话:0518-85521722, E-mail: 5521722@sina.com

(4) 港口污染。一是港口营运过程中,因装卸、运输所产生的各类污染物。二是临港工业排放的污染物。近几年,港口经济发展迅猛,临港工业发展很快,港口吞吐量自 1998 年的 1 776 万 t 持续增长至 2005 年的 6 016 万 t^[8] 以上。

1.1.2 各海域纳污情况

根据调查,连云港近岸海域污染源包括纳污河口、企业直排口、养殖废水排口等点污染源,主要污染物大都由河流携带入海,各海域纳污情况如下:

(1) 碱厂海域的污染源主要是新海城区、东海县的工业废水、生活污水及农田回归水,汇入临洪河后入海。另外,赣榆县的污水经沙旺河也汇入该海域。碱厂的工业废水和连云区的生活、工业污水直接入海。

(2) 港口海域的主要污染源有港口集团、益海粮油(连云港)有限公司、鱼品加工厂、渔业公司冷冻厂等工业污水和墟沟城区的部分生活污水、餐饮废水等,另外,港口海域内的流动污染源较多。

(3) 核电站海域的污染源主要有核电温排水以及通过排淡河入海的开发区工业、生活污水。

在上述三个海域中,碱厂海域纳污量最大,占 89.5%,港口海域 6.9%,核电站海域最小,占 3.6%。

1.2 渔业生产对海洋生态环境的影响

据连云港市海洋与渔业局统计,全市共有渔业人口 14.5 万人,主要从事捕捞和养殖生产。有大小渔船 5 200 余艘,其中功率在 150 kW 以下、主要从事近海作业的渔船占总吨位的 86% 以上,加上外省市的作业船只,捕捞强度大大超过了海区渔业资源的承受能力。近 30 多年来海域浮游动物呈逐年递增趋势,全年月平均总生物量由 1961 年的 103 mg/m³、1981 年的 133 mg/m³ 增加到 1991 年的 179 mg/m³^[9]。海域初级生产力的增加,明显受海洋经济、尤其是海洋捕捞业盲目发展的影响。近几年来,经济鱼类大幅度减少,鱼体普遍小型化。虽然实行了休渔制度,但因捕捞能力过强,效果并不明显。由此导致中心渔场不明显,产量连年下跌,小杂鱼比例上升,约占 70%~80%^[10]。

连云港海水养殖面积较大,以养虾和紫菜为主,主要分布在河口沿岸和近岸海域。其中赣榆县已建成 1.7 hm² 高效水产养殖基地,仅在其海洋经济开发区建有工厂化育苗场 94 家,育苗水体达 12 万 m³^[11]。现场调查发现,养虾废水排放入海的 COD_{Mn} 的平均质量浓度为 4.95 mg/L。养殖排放废水中残存的饵

料、排泄的废物、施用的化肥等对水体富营养化产生直接影响。养殖废水排放量大,是造成连云港部分养殖海域污染的原因之一。

1.3 海岸工程对海洋生态环境的影响

连云港近岸海域有连云港碱厂、田湾核电站和港口西大堤三大海岸工程,每项工程在建设过程中和建设后都对近岸海域生态环境产生影响。海岸工程对环境的影响表现在两个方面,一是工程建设本身对周围海域环境的影响和功能的改变;另一个是因工程建设改变了水动力条件,使海域物理自净能力减弱。这三个工程的建设使近岸海域形成了相对分割的三个海区,且长期以来的开发建设使环境影响的累计效应逐渐凸现出来,导致连云港近岸海域生态环境质量的变化。

1.3.1 西大堤工程对海洋生态环境的影响

潮流是连云港近岸海域主要的水动力条件之一,对污染物扩散、悬浮泥沙的运移、水质的交换具有重大的影响。通过数值模拟可以比较工程前后的流场变化。

(1) 工程前后整个流场趋势相似,不同的是,港口海域由可以对流的水道变成了一个狭长的半封闭性海湾,原来东西畅通的潮流变为只能经东口门进出的潮流,湾内的纳潮水体全部改由东口门进入,汇流现象消失。在一个全潮过程中,涨潮流自湾口向内为西流,而落潮流自湾内向湾口为东流,湾内涨潮流速大于落潮流速,潮流已由工程前的前进波型转变为工程后的驻波型。

(2) 工程前后,大部分海域的余流没有发生变化,只有在港口海域变化比较明显。工程前港口海域余流一般在 0.12 m/s 左右,而工程后则只有 0.03~0.09 m/s,使港口海域原有的物理自净能力受到一定的影响^[12]。

(3) 工程对近岸海域悬浮泥沙的影响主要表现为工程施工过程中的基建土开挖和大量的疏浚弃土引起周围海域悬浮泥沙浓度的升高。在潮流场的变化下这些泥沙加剧了对周围环境的影响。

(4) 工程对水环境的影响主要表现为水体中悬浮泥沙浓度含量的变化和物理自净能力的变化。由工程前港湾内水体半交换周期不到 1 个潮周期变为工程后水体半交换期大约为 6.5 个潮周期,大大降低了港湾的水动力作用,减弱了港区内外水体的交换能力,自净能力变差,加上受陆源废水排放的影响,污染物不断积累,导致湾内水体污染有加剧

的趋势^[12]。

(5) 工程对底栖生物的影响主要是通过改变悬移质浓度和底质生境来实现的。通过比较发现,工程使底栖动物群落种类减少,种类组成发生变化。总趋势是,工程后,甲壳动物种类略微减少,多毛类种类增多,底栖动物多样性降低,底质生境退化。

1.3.2 碱厂工程对海洋生态环境的影响

该厂对生态环境的影响主要是蒸氨废液及其废渣。碱厂采用筑坝拦渣分离上清液排海的排放方式。在上清液中,其主要成分是氯化钙、氯化钠和少量的氨,pH 也高。上清液中的氢氧根离子与海水中的镁离子产生氢氧化镁沉淀,钙离子与海水中的硫酸根产生硫酸钙沉淀。这些沉淀物致使潮间带和潮下带海水浑浊,光合作用减少,海水中饵料减少,从而危及海洋生物的孵卵场所。另外,溶解在海水中的氯化钙对浮游微生物的呼吸系统能引起直接的危害,大量的氯化钙对受纳水体造成不同程度的污染。根据现场取样分析,进入渣场的废液含 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 159.3 mg/L 时,流出的上清液含氨浓度为 8.8~20.0 mg/L。

连云港碱厂每年产生的废渣约 34 万 t,在滩涂围起总面积为 3.5 km² 渣场。

1.3.3 核电站工程对海洋生态环境的影响

核电站建设期间对海洋生态环境的影响主要是土石方工程及生活污水排放造成的。从 1998 年开工到 2005 年建成,共累计完成土石方 815 万 m³,处理软基 54 万 m²。通过连云港核电站周围海域 2005 年与 1998 年大型底栖动物群落组成多样性特征比较^[13]可以发现:

(1) 与 1998 年调查资料比较,本次调查出现的总

种数明显少于 1998 年,且优势种发生了较大变化。

(2) 两次调查相隔 7 a,这期间是连云港田湾核电站的建设时间,其影响主要是因核电站建设而造成的开山采石、海岸和软基处理等。这些工程扰动导致本海域生物量大大减少。

(3) 由于建设期间所排放的生活污水造成进入海域的营养盐增多,而使本次调查大型底栖动物的丰度值高于 1998 年。

2 近岸海域生态环境演变因果链分析

2.1 近岸海域主要功能的演变

连云港近岸海域的功能演变不仅和海域自然环境特征有关,而且也和社会经济发展紧密相连。连云港碱厂、西大堤工程及田湾核电站建设和滨海城市的建设、沿海渔业生产等交织在一起,使得各种用海矛盾相互冲突,多种功能相互重叠,增加了该海域实现可持续发展的复杂性。这些重大海岸工程的建设改变了三个海域的部分自然属性。这些改变不仅有视觉景观上的变化,也体现在微观环境上,并导致对生物栖息地的干扰。其中碱厂海域从渔业生产和城市排水为主要功能的海域变为渔业生产、城市排水和工业排污相互交叉的区域,同时又是未来滨海城市和临港产业发展的主要地区。港口海域从港口运输和城市旅游并存状态,变为突出港口功能兼顾城市旅游的状况。而核电站海域的功能发生了根本变化,从以渔业生产为主导功能变为以核电生产排污为主的特定海域。各海域功能演变情况见表 1。

表 1 近岸海域主要功能演变

Tab. 1 Main function evolution of coastal area

项目	碱厂海域	港口海域	核电站海域
工程前功能	渔业生产、城市排水	港口生产、城市旅游	渔业生产、城市排水
工程后功能	渔业生产、城市排水、碱厂排污	港口生产兼顾城市旅游	核电站生产、城市排水
建议规划功能	渔业生产、城市排水、城市建设	港口生产兼顾城市旅游	核电站生产、城市排水

连云港近岸海域的连云港碱厂等三个工程建设不仅单位长度岸线的投资大,对海域生态的干扰强,而且和陆源污染和资源开发结合起来,导致了海域生态环境的变化。

参考 GIWA(全球国际水域评价)的因果链分析法^[14,15],结合连云港近岸海域的实际,对各海域的变化因子、造成这些因子变化的直接原因、间接原因、

驱动因素和涉及主体进行深入分析。

2.2 碱厂海域生态环境演变因果链分析

碱厂海域的主要变化因子有物理、化学、生物等方面,主要原因有碱厂排污和渣场占用岸线,陆源污染和海州湾渔业资源的过度开发等。碱厂海域生态环境演变因果链分析见图 1。

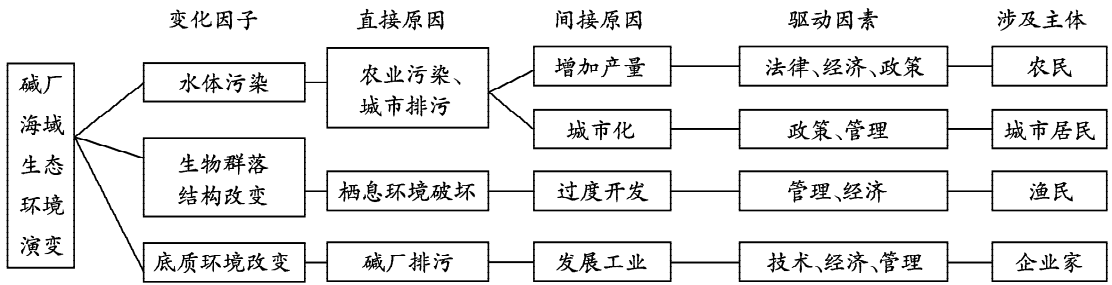


图1 碱厂海域生态环境演变因果链分析

Fig. 1 Causal chain analysis of environment evolution in alkali factory coastal area

2.3 港口海域生态环境演变因果链分析

综合港口海域的生态环境演变状况,海域的主要变化有海岸形态、沉积环境、水质等方面的变化,突出表现在西大堤建设改变了海域水动力条件,港

口建设与城市旅游对岸线资源的需求以及工业、生活排污对海域环境的影响等。港口海域生态环境演变因果链分析见图2。

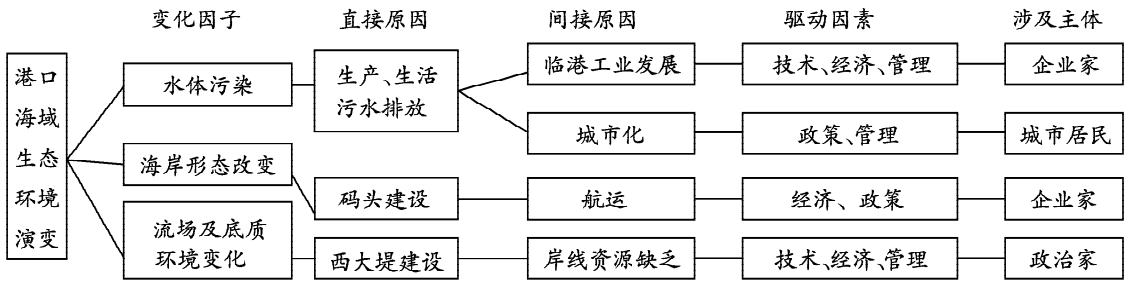


图2 港口海域生态环境演变因果链分析

Fig. 2 Causal chain analysis of environment evolution in harbor area

2.4 核电站海域生态环境演变因果链分析

核电站海域生态环境的变化主要包括海域功能、岸线和湿地生态系统的变化,以及核电站运行后

排污对海域生态环境的长期影响。核电站海域生态环境演变因果链分析见图3。

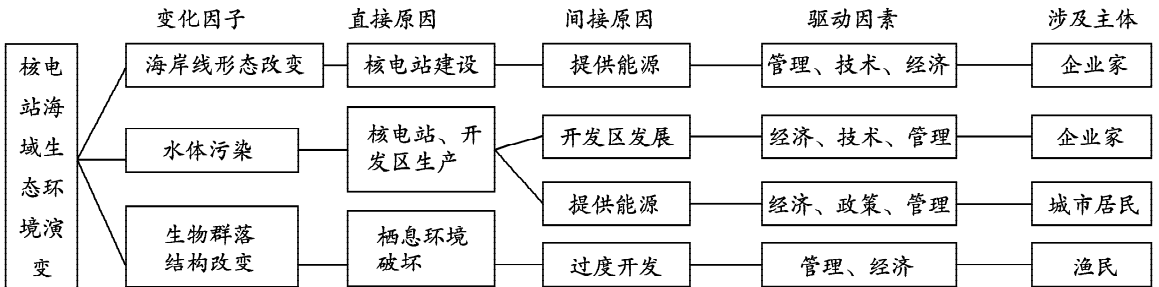


图3 核电站海域生态环境演变因果链分析

Fig. 3 Causal chain analysis of environment evolution in nuclear power station coastal area

3 对策措施

综合分析连云港近岸海域生态环境演变各种因子及直接原因、间接原因、驱动因素和涉及主体,可以发现连云港近岸海域面临复杂的社会、经济和环

境问题。这些变化既是不合理开发利用自然资源造成的,也是多种综合因素长期积累效应的显现,涉及的主体包括企业家、农民、渔民、城市居民和政治家等各个方面。要解决保护和发展的问题需要各方主体的共同参与,也必须将各方面的利益综合考虑。

可行的生态修复措施也要充分考虑海域功能的过去、现在、未来的定位和趋势。

3.1 碱厂海域的生态修复措施

碱厂海域的功能是多样性的,该海域是海州湾渔场的一部分,属于河口生态系统,受陆源影响大。从现状及发展趋势分析,城市排水和渔业生产功能难以改变。但存在过度捕捞、富营养化、渔业资源衰退及浮游生物过剩等问题。同时,碱厂的排污和滨海城市建设的矛盾日益显现,该海域应针对这些突出问题来选择修复措施。

3.1.1 调整海域功能区划

碱厂的建设、生产使该海域从渔业生产和城市排水为主要功能的海域变为渔业生产、城市排水和工业排污相互交叉的区域,同时新的城市规划又将该海域岸线作为未来滨海城市中心的发展用地。目前滨海城市发展、渔业生产以及碱厂排污的矛盾日益突出。综合考虑工、城、渔的协调发展,该海域应作为滨海城区进行规划建设,同时兼顾渔业生产功能;碱厂应尽快迁出,养殖结构要进一步优化,优先发展紫菜等藻类养殖。调整后的海域功能不仅符合新的城市规划,而且也可以为修复该海域的生态环境创造条件。

3.1.2 加强陆源污染物控制

陆源污染仍是造成海洋污染的主要原因之一,必须加强监控和治理。

(1) 城市污水控制。一是进一步优化产业政策。引导工业企业加快迁出新海城区,向产业园区集中,提高污染集中处理水平,同时可减少工业污水对该海域的影响。二是完善城市污水收集管网,加快建设新海城区大浦污水处理厂二期工程,并新上除磷脱氮工艺。三是修改地方排放标准。目前对企业排污的管理手段是以排放标准为基础的,而连云港市执行的排放标准对海域排污总量和特征污染物没有针对性。因此,修订地方污染物排放标准应作为环境管理的一个重点。

(2) 农业污染源防治。一是制定必要的政策措施。采取强制手段控制农业污染,并建设监控系统。二是减少化肥流失。化肥流失由两个因素控制,使用量和利用效率。根据连云港市土壤肥力结构,需减少氮肥,增加钾肥;提高复合肥料的使用比例,减少化肥用量,增加有机肥料使用,并逐步用复合慢速释放化肥和有机肥来取代快速释放的无机化肥。三是防治粪肥流失。取缔开放式养殖,建设沼气装置;

采用堆肥技术,增加粪肥使用量;治理规模化畜禽养殖废物等。四是减少水土流失。包括应用节水灌溉技术,开展小流域综合整治,收集农田回归水返灌,田边、河边植树种草等措施。

3.1.3 渔业生态保护

(1) 限制近海捕捞船只数量的增长,压缩近海捕捞产量,严格执行禁渔期和禁渔区,坚决取缔非法渔具。

(2) 在海州湾建设人工鱼礁并有计划地实施人工放流工程,促进渔业资源恢复。现有岸线的养殖区需要搬迁,一是远离海岸;二是向北在临洪河口海岸发展养殖业。

(3) 优先发展贝类、海带、紫菜、裙带菜养殖,控制以动物性饵料为主的海上网箱养殖规模。达到既产生经济效益又能改善海域环境的目的。

3.1.4 科学规划滨海城市的建设

沿海岸线建成观光旅游带,然后是商贸和居住混合区,依次为一类工业、二类工业用地,限制三类工业用地。在对该海域岸线改造的过程中要在河口附近建设湿地公园,保护原生植物群落和湿地生态景观,将海滨城市建设成为一个面海、临海的海湾型生态城市。

3.1.5 调整临海工业产业结构,优化产业布局

在搬迁碱厂的同时,改氨碱法生产为联碱生产工艺。优先发展海洋食品加工业、海洋医药业。

3.2 港口海域生态修复措施

3.2.1 调整海域功能

随着港口开发与滨海城市建设进程的加速,港口海域功能的定位必须进一步明确。根据海域的发展状况和演变趋势,水产养殖功能应从港口海域退出。政府部门应及时制定并实施渔业结构调整和从业人员转移规划及相关政策。

3.2.2 实施重点转移,建设组合港

由于陆域狭窄,目前港口建设、疏运与城市生活以及海滨旅游的矛盾日益突出。对策措施包括:一是在实现碱厂搬迁的前提下,将海滨城市发展的中心逐步转移至碱厂附近,实现港口城市向海湾城市的转变。二是在现有港口南北两翼建设组合港,将港口杂货、散货等污染较重的码头迁出,现有港区以集装箱为主。

3.2.3 制定应急预案

随着港口码头快速发展,海域生态安全问题日益突出。化学危险品储存、运输潜在的恶性事故风

险增加,应加快突发污染事故应急处置联动机制的建设,落实工程措施,切实加大对危险品运输、装卸、储存的现场监管,防止发生溢油或其他有毒有害产品泄漏事故。

3.2.4 实施陆源污染物总量控制

(1) 港口海域面积小,自净能力弱。港区内的工业发展应科学规划,避免挤占岸线。现有污染源在实现达标排放以后,要进行污染物总量控制,港口海域 COD_{Cr} 总量控制目标应控制在 5 104.6 t/a 以下,特别是要减少墟沟港区的排污量^[16],同时实行清洁生产,发展循环经济,逐步减少工业污染负荷。

(2) 严格控制和管理港口海域污水排放,该区域禁止销售和使用含磷洗涤用品。进一步完善城市污水收集管网,实施中水回用,减少污水排放量。对连岛度假区内不能纳入城市排水系统的宾馆、饭店要安装隔油池,建设污水处理设施,确保达标排放。

3.2.5 加强船舶排污和倾废管理

建立船舶废弃物接收处理设施和监控系统,禁止在港口海域排放含油污水。对港口海域疏浚物的生态环境影响进行长期监测,研究累积环境影响。

3.2.6 实施西大堤局部改造工程

目前港口正在依托西大堤进行吹填建设集装箱码头,鉴于西大堤工程通过改变潮流场对底质、水质和底栖生物产生影响,建议长期观测大堤对海域环境的影响,并进行实施两端局部改造可行性研究,包括采取增设桥洞保证纳潮量和海水交换强度,减轻海域淤积等措施。

3.3 核电站海域生态修复措施

3.3.1 协调用海利益相关者的关系

该海域污染较轻,原以渔业生产为主要功能。根据核电站环境影响报告书的评价结论:电站投产后,全潮 4.0、1.0℃温升等值线最大包络面积为 3.5 km² 和 18.8 km²。因此,必须解决海域使用权问题,协调好核电站用海和本地渔民用海的利益关系。

3.3.2 加强核电站对海域生态环境的影响研究

核电站的建设改造了海域的滩涂、湿地。为了研究核电站投产后对海域生态环境的影响。应在核电站排水控制区临近海域开展试验性养殖,并对海域环境要素和海洋生物进行长期观察,以研究其对海域生态环境的累计影响。

3.3.3 改变开发区污水排放去向

开发区污水收集后应进入墟沟污水处理厂处理后排入碱厂海域,不经排淡河入海,减少城市污水对

该海域的环境污染。

4 建议

连云港是江苏沿海开发战略的重要区域,其社会经济的可持续发展离不开对海洋的开发。因此,无论从短期或长期的角度来看都应该从战略的高度考虑下面几点:

(1) 从决策过程的开始,就要全面考虑有关的社会因素,包括人们对环境质量的要求、水域目前和未来的使用功能,并尽快开展海域开发的战略环境。

(2) 全面分析各种既兼顾经济目标又符合生态要求的开发活动,并贯穿于项目的规划、设计和决策分析过程的始终。

(3) 生态修复和城市发展规划紧密结合,应对未来社会和生态的变化作出预测,修复工程目标要充分考虑到海域的自然潜能,并能获得公众支持和参与。

参考文献:

- [1] 潘进华. 近岸海域污染与生态保护 [J]. 环境保护, 2000, 2: 32.
- [2] Boers P C M. Nutrient emissions from agriculture in the Netherlands: Causes and remedies [J]. *Water Science Technology*, 1996, 33: 183-190.
- [3] Tim U S, Jolly R. Evaluating agricultural nonpoint-source pollution using integrated geographic information systems and hydraulic water quality model [J]. *Environ*, 1994, 23(1): 25-35.
- [4] 李廷友, 华元渝, 邵世光, 等. 连云港市农业非点源污染对水环境的影响 [J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(6): 101-104.
- [5] 贺心然, 陈斌林, 展卫红. 连云港港口海域水体富营养化情况分析 [J]. 污染防治技术, 2005, 18(1): 46-48.
- [6] 钱燕, 张鹰, 刘吉堂, 等. 海州湾海域赤潮灾害与成因探讨 [J]. 海洋湖沼通报, 2008, 3: 192-196.
- [7] 许榕, 徐锐, 马苏华, 等. 应用主成分分析法研究海州湾的污染状况 [J]. 海洋环境科学, 1995, 14(2): 28-32.
- [8] 赵世豪, 曹应江, 王帅, 等. 连云港统计年鉴 [M]. 连云港: 连云港市统计局, 2007. 202.
- [9] 朱季文. 江苏省海岛资源综合调查报告 [R]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996.
- [10] 丁宪浩. “海上苏东”绿色发展战略研究 [J]. 海洋环境科学, 2004, 23(1): 58-63.
- [11] 李正楼. 奋进中的赣榆海洋经济开发区 [J]. 海洋开发与管理, 2003, 12(2): 11-14.

- [12] 赵可胜, 娄安刚, 王学昌, 等. 连云港近岸海域物理自净能力研究及水质预测-Ⅲ. 西大堤建成后对物质运输的影响 [J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 1994, 24: 174-179.
- [13] 陈斌林, 方涛, 张存勇, 等. 连云港核电站周围海域 2005 年与 1998 年大型底栖动物群落组成多样性特征比较 [J]. 海洋科学, 2007, 31(3): 94-96.
- [14] Belausteguigoitia J C. Causal chain analysis and root causes: The GIWA approach [J]. *AMBIO*, 2004, 33(1-2):7-12.
- [15] Li D J, Daler D. Ocean pollution from land-based sources: East China Sea China [J]. *AMBIO*, 2004, 33(1-2):107-113.
- [16] 陈斌林, 贺心然, 展卫红, 等. 连云港港口海域污染物总量控制研究 [J], 中国海洋大学学报, 2006, 36(3): 447-450.

Environment evolution and ecological remediation countermeasure research of Lianyungang coastal area

CHEN Bin-lin¹, GUO Ya-wei², HE Xin-ran², WANG Shu-jun³, ZHENG Feng⁴

(1. Lianyungang Environmental Protection Bureau, Lianyungang 222001, China; 2. Lianyungang Environmental Monitoring Central Station, Lianyungang 222001, China; 3. Huaihai Institute of Technology; Lianyungang 222005, China; 4. Lianyungang Environmental Information Center, Lianyungang 222001, China)

Received: Jul. , 28, 2008

Key words: coastal water; environment evolution; causal chain analysis; ecological remediation countermeasures

Abstract: Environment evolution of coastal waters and development trend are closely related to the human activities. Environment protection in the coastal water and selection of measures for ecological remediation seek for a comprehensive concern about other influencing factors. The main area of the study for this article is the Lianyungang coastal area. Based on a comprehensive ecological environment investigation from Lianyungang coastal area, using the causal chain analysis, the relationship between the development of social economy and environment evolution was described, main factors which affect environment change were determined, the direct and indirect causes, driving factors and involving subject of begetting change were analyzed deeply, and the ecological remediation countermeasures were proposed.

(本文编辑:康亦兼)