

海岸带系统科学与人海关系调控研究成果

近岸海域水质变化 机理及生态环境 效应研究

丁德文 石洪华 张学雷 等 著



海洋出版社

海岸带系统科学与人海关系调控研究成果

近岸海域水质变化机理 及生态环境效应研究

丁德文 石洪华 张学雷 等著

海洋出版社

2009年·北京

内 容 简 介

本书受“973”项目“中国典型河口—近海陆海相互作用及其环境效应”06 课题“近岸海域水质变化机理及生态环境效应”(No. 2002CB412406)资助,分别从海岸带生态系统复杂性、海岸带系统人海关系调控理论与方法、海湾污染物扩散及其生态效应、大型工程对近海生态系统的影响、近海浮游生态系统变化特征和海洋生态系统健康评价等方面集成了课题组在海岸带系统科学与人海关系调控领域的最新研究成果。

本书可供海洋生态、海洋环境、海洋规划与管理等相关领域研究人员、管理人员及高等院校研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

近岸海域水质变化机理及生态环境效应研究 / 丁德文等著. —北京: 海洋出版社, 2009. 12

ISBN 978 - 7 - 5027 - 7648 - 0

I. ①近… II. ①丁… III. ①海岸带—水质分析 ②海岸带—生态环境—研究
IV. ①X834 ②X321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 236125 号

责任编辑: 杨传霞

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京盛兰兄弟印刷装订有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 18.25

字数: 450 千字 定价: 76.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

作者简介



丁德文 中国工程院院士

丁德文,男,1941年2月生,1965年毕业于大连理工大学(应用物理专业),国家海洋局第一海洋研究所研究员、博士生导师。1994年当选为首批中国工程院院士。著名的海洋生态与环境学家、寒区环境科学与工程学家。兼任国家海洋局海洋环境保护研究所

名誉所长,国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室、海洋溢油鉴别与损失评估重点实验室学术委员会主任,中国海洋学会海冰专业委员会主任,中国生态学会海洋生态专业委员会名誉主任,国家科学技术奖励评审专家等。主要从事海洋和寒区环境科学与工程研究和开发工作。是我国冻土热力学学科创始人和冻土工程热工科学技术奠基者之一。率先在我国组织海岸带系统科学与人海关系调控领域的研究,开辟了我国工程海冰学的研究方向,构建了我国工程海冰学学科体系和海岸带系统科学与人海关系调控研究的基础框架。

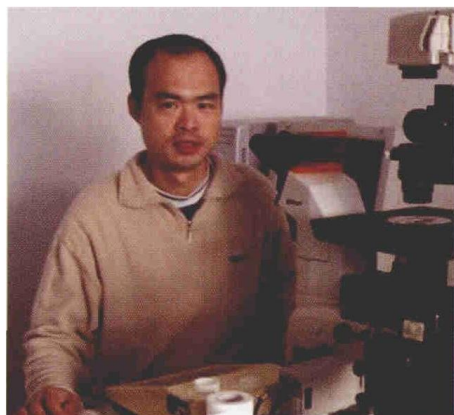


石洪华 博士

石洪华,男,1978年2月生,2008年毕业于中国海洋大学环境工程专业(海洋生态学方向),获工学博士学位。国家海洋局第一海洋研究所博士后工作站、中国科学院海洋研究所博士后流动站博士后。主要从事区域生态评价和海洋生态系统动力学研究,开发了区域生态风险、海洋生态系统服务价值、海岸

带综合承载力和基于元胞自动机的近海污染物迁移-扩散等模型。作为主要承担人参加了“973”、“863”、国家自然科学基金、海洋公益性专项和国家标准制定等10余项省部级以上课题的研究。目前正在开展近海污染物迁移-扩散规

律及其生态效应、海岸带资源环境综合承载力和海洋生态动力学等方面的研究。在国内外学术期刊发表学术论文 30 余篇,指导(或联合指导)硕士研究生 3 人,其中 2 人已获硕士学位。获国家海洋局创新成果二等奖、青岛市科技进步二等奖和青岛市自然科学优秀学术论文二等奖各 1 项。



张学雷 博士

张学雷,男,1973 年 6 月生,2003 年毕业于中国海洋大学(环境科学专业),获博士学位;1995 年毕业于青岛海洋大学(生态学专业),获硕士学位。国家海洋局第一海洋研究所研究员、硕士生导师。主要从事海洋生态学与生物学研究,主持/协助主持完成了国家自然科学基金、国家重点基础研究规划(973)课题、中国近海海洋综合调查与评价专

项、欧盟-中国科技合作和联合国开发计划署(UNDP)/全球环境基金(GEF)项目等多个国家、国际重要研究项目。研究足迹遍及我国各主要海域,在我国部分海域生态系统长期演变与富营养化研究领域取得了系列成果。已在国内外发表学术论文 39 篇,取得了 4 项专利授权,两度获得北太平洋海洋科学组织(PICES)年会优秀论文奖。是一名活跃的青年海洋科学家。

序

海岸带是个相对独立的地球表层系统,物理过程、化学过程、生物过程及地质过程交织耦合,陆海相互作用强烈,是个开放的复合生态系统,也是陆海相互作用最为活跃、对自然变化和人类活动响应最为敏感的区域。海岸带地区是我国经济和科技最发达、人口最集中、生产力最丰富的区域,海岸带地区的发展在全国占有举足轻重的地位。目前,海岸带区域的开发、建设、保护与管理尚未真正建立在资源环境承载力的分析和评价的基础上,区域社会经济尚未形成科学的发展模式。进入新世纪以来,我国海岸带开发强度不断加大,逐步形成了贯穿所有海岸线的沿海经济开发格局,我国近海生态环境将面临严峻挑战,生态环境健康问题日益突出。近海水质变化机理及其生态环境效应,是当前海洋生态学的一个重要研究领域。

十余年来,丁德文院士带领一批青年学者组成海岸带系统科学与工程科研团队,在“海岸带复杂系统与人海关系调控”这一研究领域进行了较为系统的研究。最近,欣闻《近岸海域水质变化机理及生态环境效应研究》一书即将付梓,有幸先读到书稿,并受邀作序。本书以我国典型河口生态系统为研究区,按照海陆统筹、河海并举的思路,基于复合生态系统和有机整体论的思想,分别从海岸带复杂系统的理论、人海关系调控、近海污染扩散规律及其生态效应、大型工程对近海生态系统的影响、近海生态系统演变和生态系统健康评价等方面展开论述,理论研究与实际应用并行,现场监测、室内实验与数值模拟结合,自然科学与人文社会科学交叉,既关注近海水质时空演变、大型工程的生态影响、生态系统演变机理等关键科学问题研究,又注重在近海污染扩散的元胞自动机模拟、浮游植物功能群、海洋景观生态学、海洋生态健康与富营养化评价等新兴研究方向上的探索。

本书内容丰富,资料翔实,观点新颖,是海岸带复杂系统与人海关系调控领域的重要成果,必将对我国海洋生态学的研究和发展起到积极的推动作用。为此,我欣然提笔,历述见闻和思考,温故知新,以示祝贺。

潘草诗

前 言

海岸带一般定义为海陆交错或过渡区域。海岸带形式、功能、动力条件各异,难以从空间边界上给出严格的定义,海岸带不像分水岭那样有确切的自然边界,因此仅能模糊地描绘海岸带范围。尽管如此,基于管理的目的,海岸带的向海和向陆的边界范围从较为狭窄、准确的边界可变化为相对宽广、模糊的边界,这在世界上都有案例可循。管理的边界往往受地理、生物、经济、制度和组织机构等方面的影响。因此,按照管理目的,海岸带的边界可以随时间发生改变。但无论如何,海岸带通常包括近岸浅海区域以及沿海陆地部分,该区域接受陆地输入的大量营养物质,养分丰富,生产力高,但也最容易受到陆地污染物的污染。海岸带是个相对独立的地球表层系统,物理、化学、生物及地质过程交织耦合,陆海相互作用强烈,是个开放的复杂巨系统,受到全球变化和人类活动的协同影响;因其位于海陆交错带,也是典型脆弱生态区,生态系统易受破坏,且难以修复。

国际上,临海发达国家都把海洋科技领先地位的确立作为新世纪的战略目标,启动了相应的实施计划。海岸带是全球主要的经济和社会活动空间。海岸带是我国经济科技最发达、工业设施最集中的区域,珠江三角洲、长江三角洲以及环渤海经济圈都集中在海岸带。进入 21 世纪以来,辽宁沿海经济带、天津滨海新区、黄河三角洲高效生态经济区、江苏沿海地区、福建省海峡西岸经济区、广西北部湾经济区等发展规划相继上升为国家发展战略,我国人口、经济趋海性进一步增强,海岸带生态环境经受着严峻的考验。

近岸海域是海岸带的重要组成部分,也是陆海相互作用最为活跃、对自然变化和人类活动响应最为敏感、与近岸环境变化关系最为密切的区域。研究近岸海域水质变化机理及其生态环境效应,对于海岸带的可持续开发和生态环境保护具有重要的理论和应用价值。

中国近海生态环境状况不容乐观:污染加重,生境破碎,湿地退缩,生态系统结构改变,生态系统功能下降,环境灾害频发,全球变化负效应凸显。我国海洋污染主要集中在海岸带地区。随着我国沿海地区工业化和城市化进程,沿海一些河口、海湾和大中城市毗邻海域接纳了大量的污染物,生态环境问题突出。大部分河口、海湾以及大中城市邻近海域污染严重。

我国近海当前生态环境问题的形成机制是复杂的。要解决此问题,就必须打破传统观念,走海陆统筹、河海兼顾的道路;必须系统研究海岸带地区的自然—人—社会复合系统中人与海的关系,研究海岸带地区人类活动及其生态环境效应。要重视海岸带的科学规划与管理,加强立法依据研究,为海岸带的可持续开发利用提供科学的依据。

2001年,以海洋生态环境科学与工程国家海洋局重点实验室挂牌为标志,“海岸带系统科学与工程研究团队”成立了。围绕海岸带持续开发与环境保护的需求,近年来课题组开展了一系列研究工作。在国家“九五”科技攻关项目——“海岸带资源环境利用关键技术研究”(1996—2001,丁德文院士任首席科学家)的基础上,通过“973”课题“近海海域水质变化机理及生态环境效应”、“863”项目“渤海典型海岸带环境修复技术”——生物修复技术专题、国家自然科学基金重点课题“渤海污染负荷生物地球化学过程及环境容量”、国家科技攻关项目“海洋灾害预报及业务化”——赤潮灾害预报专题等课题的研究,课题组在海岸带生态系统演变机理及调控技术方面取得了一定的认识。目前,团队提出了海岸带“自然—人—社会”复合生态系统研究的逻辑框架和人工生态系统是生命有机体的思想,团队以人类福利和海洋生态系统服务功能的优化为目标,提出了海岸带复合生态系统调控的目标和方案;认为人作为调控者是人工生态系统中与生产者、消费者、分解者并列的重要组成部分,并参与了人工生态系统的所有生态过程。团队从人类活动对生态系统干扰和地理特征出发,将全球生态系统分为深海大洋(极少受人类活动干扰的海洋生态系统)、陆地和海岸带(受人类活动干扰较大)三大组成部分,这一分类进一步明确了不同区域海洋生态环境研究的重点。这是课题组同志共同努力的结果,也使我们进一步明确了海岸带系统科学与工程研究的重点和思路。

本书为“973”课题“近岸海域水质变化机理及生态环境效应”(No. 2002CB412406)研究成果的一部分,课题组成员及其合作者共同完成,共分为六章。其中,第一、二、三、六章由石洪华、丁德文主编,第四章由丁德文主编,第五章由张学雷、丁德文、石洪华主编。主要内容包括以下方面。

(1) 海岸带生态系统复杂性研究

对海岸带生态环境的复杂性进行了初步分析,阐述了微分动力学、系统动力学、人工神经网络等复杂性研究方法及其在海洋生态学、生态经济系统及其资源环境领域应用研究的进展;分析了海岸线、海温、盐度、海浪、水生生态因子及海洋灾害等海洋现象的复杂性,初步探讨了海洋生态系统的复杂性特征;梳理了几种常见的动力学复杂性,并对动力学在海洋生态学研究中的应用进行了探讨;阐述了虚拟现实技术在模拟现实环境方面的优势,介绍了其在军事、工程、医学、教育和农业等领域中的广泛应用及发展;评述了系统动力学在

水资源领域、环境领域及社会经济领域等生态经济系统中的应用及相关的研究进展;从气象、环境、地质、医学、经济和海洋科学等学科领域分别介绍了人工神经网络广泛应用及国内外的研究进展。

(2) 海岸带系统人海关系调控理论与方法研究

在理论研究方面,提出了人海关系的内涵,构建了人海关系调控的技术体系,从海洋生态系统服务功能与人类福利关系的角度探讨了人海关系调控的理论依据。在方法研究方面,提出了海洋功能区的区定和主导功能优选模式,开发了海岸带主体功能区划指标体系与划分模型,设计了“数字海洋”科学工程框架,从生态敏感区评价与区划的角度提出海岸带生态系统管理的基本途径,并以长江三角洲为例,给出了区域生态建设的总体战略构想和行动计划。

(3) 海湾污染物扩散及其生态效应研究

本书分析了国内外海洋污染监测与控制技术新进展及存在的问题,从污染特点、现状、类别及迁移转化过程等方面分析了近海污染形成与演化机制,开发了基于元胞自动机的近海污染扩散模拟模型,并开展了模拟应用研究。从保障河口生态系统健康的角度提出河口生态需水的研究方法;评述了近海富营养化评价研究的进展,分析了各类评价方法的特点,重点报道了第二代富营养化评价方法(ASSETS)在胶州湾、长江口、黄河口及邻近海域评价的结果。

(4) 大型工程对近海生态系统的影响

基于景观生态学理论,提出了河口—近海生境破碎化研究基本思路,探讨了大型工程对长江口水体生境破碎的影响。以底栖动物群落结构和生物量为例,分析了河口大型工程对长江口生态系统结构的影响。

(5) 近海浮游生态系统变化特征

从典型人类干扰和自然变化等方面探讨了海洋生态系统健康的主要胁迫因素。以莱州湾为例,分析了该海域浮游动物群落结构的时空分布特征。以长江口为例,探讨了浮游动物分布与环境的关系,研究了不同饲料对桡足类无节幼体存活和发育的影响、两种藻类饲养下中华哲水蚤繁殖的差异、不同饵料对双刺纺锤水蚤繁殖的影响。以扇贝对硅藻和甲藻细胞的选择性摄食为例,开展了浮游植物功能群的探索性研究。

(6) 海洋生态系统健康评价

本书探讨了海洋生态系统健康的内涵,从我国近海生态环境压力和海岸带开发态势等方面分析了我国海洋生态系统健康面临的威胁;评述了海洋生态健康研究历程和最新进展,分别以黄河口和长江口为例,构建了河口海域生态系统健康评价指标体系和评价模型,并开展了应用研究。

本研究得到了“973”项目“中国典型河口—近海陆海相互作用及其环境效应”首席科学家翟世奎、丁平兴教授和项目组全体同仁的支持和帮助。在

课题研究中,还得到了华东师范大学陆健健教授、张利权教授等同仁的通力协作和支持。本书还吸收了作者在海洋公益性行业科研专项经费重点项目“基于海岸带综合管理的海洋生物多样性保护研究与示范”(No. 200705029)以及其他相关课题研究的部分阶段性成果。本书收集了课题组成员及其合作者的相关研究成果,其作者分别在相关章节中标明。我们向所有参与本书编写的同志及合作者们表示感谢!国家海洋局海域管理司原司长鹿守本先生、国家海洋环境监测中心温泉研究员、国家海洋局第三海洋研究所陈彬研究员对课题组的研究工作提供了不少支持和帮助,我们不胜感激。本书也参考了国内外同行的研究成果,虽然本书列出了不少参考文献,但难免挂一漏万,特向这些成果的所有研究者表示感谢!

著名海洋学家、中国工程院院士、中国海洋大学原校长管华诗先生在百忙之中为本书作序,在此深表谢意。

目前,关于海岸带生态环境和可持续发展的研究方兴未艾,研究成果颇多,令人应接不暇。在本书即将付梓之际,我们非常高兴地获悉:2009年11月3日,温家宝总理题为《让科技引领中国可持续发展》的讲话中指出:“国际上正兴起海岸带可持续发展研究,我们要切实加强这方面的工作。”党和国家领导人关于海岸带可持续发展研究的重要指示给了我们莫大的鼓舞,这也正是我们今后努力的方向。如本书能对海岸带可持续发展研究有一点点参考价值的话,我们就感到非常满足了。

本书是海岸带系统科学及其人海关系调控研究领域的系列成果之一。限于作者知识水平有限,书中错误在所难免,不当之处,敬请批评指正。

作 者

2009年12月20日

目 录

第一章 海岸带生态系统复杂性研究	(1)
第一节 黄河河口 - 近海环境系统安全及修复对策	(1)
第二节 海岸带生态环境的复杂性浅析	(5)
第三节 动力学复杂性及其在海洋生态学研究中的进展	(11)
第四节 虚拟现实技术及其应用进展	(23)
第五节 系统动力学方法及其在生态经济系统应用的研究进展	(28)
第六节 人工神经网络及其在资源环境领域应用研究进展	(33)
第二章 海岸带系统人海关系调控理论与方法研究	(46)
第一节 人海关系调控技术体系构建初探	(46)
第二节 海洋生态系统服务功能与人类福利	(51)
第三节 海洋功能区的确定与主导功能优选模式	(56)
第四节 海岸带主体功能区划的指标体系与模型研究	(59)
第五节 “数字海洋”科学工程建设设计研究	(64)
第六节 海岸带生态敏感区评价及其在生态系统管理中的作用	(72)
第七节 长江三角洲海洋生态建设:生态、和谐与繁荣	(79)
第三章 海湾污染物扩散及其生态效应研究	(86)
第一节 海洋污染监测与控制技术研究新进展	(86)
第二节 海洋污染物及其迁移转化	(94)
第三节 基于元胞自动机的近海污染物扩散模拟	(115)
第四节 黄河入海径流及河口近岸海域生态环境要素变化浅析	(127)
第五节 基于生态系统健康的黄河口近岸海域生态需水量研究	(134)
第六节 近海富营养化评价方法综述和个例研究	(141)
第七节 基于 ASSETS 的长江口海域富营养化评价——2002 年以来人为 影响压力趋势分析	(155)
第八节 上海海域水质模糊综合评价	(160)
第四章 大型工程对近海生态系统的影响	(167)
第一节 长江河口大型工程与水体生境破碎化	(167)

第二节 河口大型工程对长江河口底栖动物种类组成及生物量的影响研究 (173)

第三节 河口大型工程对长江河口生境破碎化影响的初步研究 (179)

第五章 近海浮游生态系统变化特征 (189)

第一节 海洋食物网结构与生态系统退化 (189)

第二节 莱州湾浮游动物群落结构的时空变化 (196)

第三节 长江口浮游动物生态分布特征及其与环境关系 (210)

第四节 不同饵料对桡足类无节幼体存活、发育的影响研究 (219)

第五节 两种藻类饵料饲喂下中华哲水蚤繁殖的差异 (228)

第六节 不同饵料对双刺纺锤水蚤繁殖的影响研究 (235)

第七节 浮游植物功能群新探——以扇贝对硅藻和甲藻细胞的选择性摄食为例 (244)

第六章 海洋生态系统健康评价 (249)

第一节 近海生态系统健康评价研究的几点认识 (249)

第二节 海洋生态系统健康的国际研究进展 (256)

第三节 黄河口近岸海域海洋生态系统健康诊断及分析 (267)

第四节 长江河口海域生态系统健康评价指标体系及其初步评价 (270)

第一章 海岸带生态系统复杂性研究^{*}

本章讨论了黄河河口 - 近海环境系统安全及修复对策;对海岸带生态环境的复杂性进行了浅析;介绍了动力学、虚拟现实技术、系统动力学、人工神经网络及其在海洋生态学、生态经济系统、资源环境领域应用研究的进展情况。

第一节 黄河河口 - 近海环境系统安全及修复对策^{**}

一、黄河河口 - 近海生态环境系统分析

目前,海岸带系统正受到自然变化和人为活动的胁迫,例如黄河断流、海平面变化、海岸带高强度无序开发、南水北调工程,化肥、农药的面源污染,城市化及大量人口趋海等。海岸带的生态环境正在迅速变异和退化,具体表现为滨海湿地、浮游生态系统受损,生产力下降,多样性锐减,近岸海域严重污染,环境容量下降,赤潮、溢油及各种气象和近岸地质灾害频发。

陆海、海气相互作用是在全球变化的背景下,大陆 - 大陆架 - 深海,大气 - 海洋表层 - 海洋深层等之间的物质循环过程和能量流动过程。近海系统生态环境变化是海岸带在自然、人为活动胁迫下,生物群落、生源物质、污染物、水体、泥沙等的物理 - 气象、生物地球化学和近岸地质 - 地貌过程的综合表现。河口 - 近海生态环境系统是在地理单元(河口、潮间带、近岸海域、近海)背景上以各种生态系统(湿地生态系统、近岸生态系统、近海生态系统)为组成部分的景观(区域)生态系统,其中海岸线是一级廊道。

海岸带生态环境系统是开放、复杂的巨系统。对于海岸带生态环境系统的研究,我们提出如下观点:

- (1) 该系统是地球表层系统的一个重要的、特殊的组成部分;
- (2) 目前,人类活动是该系统的主导动力;
- (3) 该系统是个开放的复杂巨系统,要有一种以上的稳定状态并可能发生突变;
- (4) 该系统既是海 - 陆生态系统的交错带,又对各种胁迫具敏感性;

^{*} 本章由石洪华、丁德文主持编写。

^{**} 本节作者:丁德文、吕吉斌、杨建强、高振会。本文收录于《黄河河口问题及治理对策研讨会专家论文集》(中国水利学会、黄河研究会主办,2003年)。

(5) 该系统的修复重建必须遵循自然控制的原则。

二、黄河河口 - 近海生态环境问题分析

经过多年研究,初步归纳出河口 - 近海生态环境主要有五个比较典型的问题:海洋渔业生产力下降、生态环境变化危及物种生存、污染物集中入海加剧环境危害、三角洲湿地生态结构改变与功能退化及海洋生态系统健康受损。

(1) 研究表明,渤海经济鱼类资源的一个很明显的变化是,从 1959 年的 $138.8 \text{ kg}/(\text{网} \cdot \text{h})$ 到 1998 年的 $11.2 \text{ kg}/(\text{网} \cdot \text{h})$,下降的幅度是非常大的。渔获质量也在下降,从经济种向小型种更替,从带鱼—小黄鱼、大银鱼—安氏新银鱼,种间更替频繁,从高层次向低层次转移。在渔业生产力下降问题研究方面,有不少专家做了大量的工作。近 20 多年来,渔业生产力从 1982 年 5 月鱼类资源的密度下降到 1992 年同期的 4 ~ 5 成,资源明显减少的有黄姑鱼、对虾、蓝点马鲛等。2002 年 5 月,国家海洋局北海环境监测中心在该海域进行了一些调查,从采样情况可明显发现,渔业方面的资源已经十分匮乏。

(2) 生态环境变化危及物种生存。自 1984 年以来,黄河年径流量和输沙量均进入迅速下降期,断流现象加剧,河口区生态环境日趋恶化,鱼类种类数量有减少的趋势,黄河河口海域淡水种和半咸水种有消失的迹象。例如,洄游性种类日本鳗鲡和达氏鲟在本海域基本绝迹。近期的调查资料还发现,重要经济种类真鲷和带鱼在莱州湾的分布数量急剧减少,成为稀有种。上述原因虽然与过度捕捞和海水污染等人为因素关系十分密切,但是与入海水、沙、营养盐类等物质通量的急剧减少也有密切关系。

黄河流域水资源保护局的资料显示,20 世纪 80 年代初流入黄河的生活和工业污水总量是 $21.7 \times 10^8 \text{ t}$,进入 90 年代增到 $32.6 \times 10^8 \text{ t}$,增加了 50% 以上,但黄河断流以来年均径流量减少了 $13.41 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。考虑到黄河年均径流量的减少,总体上讲进入海洋的污染物总量呈减少态势。由黄河带入海洋的污染物主要有:COD、油类、氮磷等营养盐、镉、砷等重金属和 DDT 等有毒有机物质。毒性大的污染物进入海洋,对海洋生态的影响是巨大的,尤其是难降解的污染物对海洋生态的影响是长期的。童钧安等认为,莱州湾主要污染物为石油、COD,主要来源为渤海西部沿岸河流如小清河等,营养盐主要来源是黄河口,其次是渤海南岸河口。污染物入海集中排放对海洋生态环境造成的影响十分大,除了容易发生赤潮危害渔业外,由于初级生产力过剩,大量的有机物分解使水体缺氧、水质恶化,对渔业危害也很大。在莱州湾浅海滩涂,因浮游生物量过高和高氨等,形成大量非离子氨而出现贝类氨中毒,导致大面积贝类死亡的现象时有发生。在小清河口及其附近的滩涂浅海是各种鱼类、对虾的产卵和幼鱼、仔鱼、仔虾索饵肥育的重要场所。严重的污染和富营养化已对产卵场造成很大的破坏,致使水产资源衰退,物种减少,生态平衡失调。

黄河三角洲有面积为 1500 km^2 的湿地自然保护区,保护区内有丰富的水生生物资源,这里已成为东北亚内陆和环西太鸟类迁徙的重要中转站、越冬栖息地和繁殖地。三角洲湿地生态环境及其生物资源均随黄河入海水、沙通量的变化而变化。从 1938 年出版的地形图上可以看出,黄河三角洲滨海区曾有大片沼泽湿地,如原民丰至黄河农场附

近的沼泽地面积达 600 km² 左右,随着尾閤摆动,来水、来沙量减少,目前这里的沼泽已经变为耕地或东营市区建筑。黄河三角洲新生湿地演替的顺序,随着淤积造陆,使得土壤类型发生变化,植被类型、动物种群分布也随之发生变化。黄河三角洲湿地生态系统经常受到断流、改道引起的输水输沙量减少,岸线变化、海水入侵等自然因素的影响,再加上这几年三角洲开发力度的加大,而规划管理滞后等人为因素影响,已经造成湿地面积逐年减少,生物物种减少,有些甚至已经永远消失。

海洋生态系统的健康受损,主要依据 2002 年 5 月国家海洋局北海监测中心开展的黄河口海洋生态系统健康评价方面的研究。采用结构功能指标的方法,指标评价体系包括环境表征、生物群落结构等方面的一些指标。评价的结果为在黄河口南部以及莱州湾西部,近海海域生态系统从健康往不健康的程度发展。尽管这种评价方式正处于探讨阶段,但是在某种程度上揭示了生态系统健康正在退化的迹象。

从 1980—2000 年全国主要的海洋产业的产值可以看出海洋产业增长十分迅速。比较沿海地区,山东的海洋产业总产值目前在全国来说是排在第二位。从海洋产业的组成结构上看,山东、广东、上海等省(市)明显不同。从人口数量分布看,沿海县(区)人口数量迅速增长,说明人类的趋海性。我国“十五”期间海洋经济的总体发展布局对海洋提出了更高的要求。但海洋目前面临严峻的生态环境形势,如 1998 年全国列入一类海水水质标准的面积约 20×10^4 km²,比 1992 年扩大将近一倍。陆源排污、赤潮、溢油等海洋灾害问题频发,海洋生态系统遭到严重破坏。

2002 年国家海洋局开展了 12 个典型的生态敏感区的调查,得到的结论是,目前面临的主要问题是近海海域生态环境恶化,典型生态系统受损,生物多样性和珍稀濒危物种减少,赤潮等海洋生态灾害频繁,人为破坏海洋系统的违法行为仍未得到有效遏制。

由此可见,海洋环境已经成为沿海区域可持续发展的关键因素和制约因素。《海洋环境保护法》实施以后,对于海洋环境保护制定了一些制度,比如污染物总量的控制、海洋功能的控制、污染损害的控制等;《中华人民共和国海域使用管理法》中也对海域的使用作了一些规定和管理上的要求,但对于海洋生态环境问题的整治与恢复未作太多的说明。

三、若干关键科学技术问题分析

(1) 陆地、海洋生态系统的突变地带;高生产力、多样性丰富、系统内部过程复杂。

(2) 系统脆弱性和复杂性、受人为活动影响强烈、必须依靠科学管理和人工辅助维持其健康发展。

(3) 景观生态系统是生态系统在地理环境上的镶嵌,生态系统之间的相互作用涌现出新的景观特征。

(4) 人类是生态环境变化的主要驱动力,人类活动要服从自然规律,要在自然控制的基础上对环境进行作用。

(5) 全球变化及区域相应最敏感的地带,是研究典型生态系统适应性最具代表性的区域,也是解决海洋开发管理、区域经济发展、生态环境建设以及生态安全最主要的问题之一。

以“973”项目中国典型河口陆海相互作用来简要介绍。我们承担该项目的课题六“近岸海域水质变化机理及生态环境效应”,主要从三大方面进行研究:第一,黄河河口近岸海域环境污染特征及其对入海物质的相应机制;第二,黄河河口入海物质对近岸海域水体富营养化的影响;第三,入海物质对沿岸生态系统环境健康的影响。其他的关键科学技术问题也很多,比如黄河河口-近海生态环境演化规律及趋势预测、黄河河口-近海生态环境需水量综合研究等。

四、黄河河口-近海环境系统生态环境修复

简要介绍国家“863”项目的课题“渤海湾典型海岸带生境修复技术”。我们承担“渤海湾典型区生物种群筛选重建技术”子课题,目标是提出修复海岸带生态系统的生物备选名单,完成不同修复区的生物系统繁育可行性的实验。主要技术指标和水平是筛选出3~5种具有高效降污能力、适合滩涂种植、协调共同生长的植物种群,构建出高效的海岸带湿地污水生物处理系统,该系统对氨氮、磷酸盐等指标的去除率达50%以上,对BOD₅、SS的去除率达到80%以上;研究出低排污池塘养殖系统构建技术,建立的系统排N、P量比传统的单养模式减少40%,产量高于当地平均水平20%;构建出1~2种有效的滩涂工厂化养殖排水的生物净化系统,使N、P的排放率减少60%。完成的三类系统均达到国内领先水平。

参考文献:

- [1] 胡敦欣,韩舞鹰,章申.长江、珠江口及邻近海域陆海相互作用.北京:海洋出版社,2001.
- [2] 孙道元,唐质灿.黄河口及其邻近水域底栖动物生态特点.海洋科学集刊,1989,30.
- [3] 田家怡,王民.黄河断流对三角洲附近海域生态环境影响的研究.海洋环境科学,1997,16(3).
- [4] 乐肯堂.黄河口的变迁对黄河冲淡水分布的影响.海洋科学集刊,1995,36.
- [5] 沈志良,陆家平,刘兴俊.黄河口及其附近海域的无机氮和磷酸盐.海洋科学集刊,1995,30.
- [6] Yang Jiming, Wang Cunxin. Primary Fish Survey in the Huanghe River Estuary. Chin. J. Oceanol. Limnol, 1993, 11(4).
- [7] 席家治.黄河水资源.郑州:黄河水利出版社,1996.
- [8] 任美镔.中国科学院院士咨询报告.北京:科学出版社,1994.
- [9] 唐启升,等.渤海生态环境和生物资源分布图集.青岛:青岛出版社,1996.
- [10] 刁焕祥,沈志良,刘兴俊,等.渤海无机氮的分布.海洋科学集刊,1985,25.
- [11] 金显仕,邓景耀.莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化.生物多样性,2000,8(1).
- [12] 李凡.海岸带陆海相互作用(LOISE)及我们的策略.地球科学进展,1996,11(1).

第二节 海岸带生态环境的复杂性浅析*

一、复杂性研究概述

(一) 复杂性的概念

关于复杂性虽然没有一个严格的定义,但是其概念已经比较统一,复杂性指的是复杂系统(Complexity Systems)内在的演化行为和组织特性。概括起来^[1],复杂系统指规模巨大、组分(元素、单元、部件、组分或子系统)之间差异显著、层次多样、开放的系统。这类系统组分之间存在大量的相互作用,子系统或元素或个体具有主动性,不但能够与外界(包括系统内部和系统外部)进行信息、能量、物质的交流,而且能够根据经验,通过学习改善自己。整个系统具有自组织、自适应和进化能力。

(二) 复杂性特点

迄今,国内外对非线性/复杂系统的复杂性问题已有所研究。许多物理系统、生物系统、经济系统和地球系统等,甚至看上去很简单的非线性系统,都有很复杂的动力学行为。例如,已广泛存在着各种分岔、混沌、时空图样、湍流等复杂性现象,这些行为现在统冠以“复杂性”。据文献记载^[2],复杂性具有以下十大特征或特性:①非线性和非平衡,这是任何系统产生复杂性的主要根源所在;②多样性;③多层性或多重性;④多变性;⑤整体性;⑥统计性;⑦自相似性;⑧非对称性-对称性破缺;⑨不可逆性;⑩自组织与临界性。实际上,复杂性的基本特征还有其他方面,例如自适应性等。不过上述特征的大多数已经在具有很多自由度的复杂系统中被发现和被越来越多的系统所证实。很多有趣的特性将为人们提供影响、动作、控制或管理复杂性系统的良机 and 途径。也就是说,可以应用上述发现的和将要揭示的复杂性特性,提出相应的对策,人为地驾驭复杂性,以便为我所用。

(三) 复杂性研究国内外现状

20 世纪五六十年代,系统科学获得重要进展的分支是运筹学、控制论、信息论等技术科学,尚未触及真正的复杂性。20 世纪 70 年代以后,系统科学才真正转向以复杂性为主要对象,试图建立关于复杂系统的一般理论,如美国圣菲研究所、欧洲大陆的自组织理论、英国的复杂性论坛、中国的系统学等。

复杂性科学及其复杂性问题的研究兴起于 20 世纪七八十年代。当时复杂性问题的研究基本上是与非线性科学及其混沌动力学复杂性的研究结合在一起而展开的。在诺贝尔奖得主普里高津(Prigogine)建议下,1984 年联合国大学在 Montpellier 举办了“复杂性科学与应用研讨会”,对复杂性问题的研究起到先导和促进作用。此后这类会议不断。国内外以非线性和复杂性命名的研究所或中心纷纷成立。1986 年普里高津和他的学生尼科里斯共同以中、英文出版了《探索复杂性》一书。1984 年由三位诺贝尔奖得主 Mur-

* 本节作者:杨建强、丁德文。