



胶州湾湿地生态系统功能 保护与生态修复研究

徐宾铎 任一平 陈聚法 徐宗军 张光涛 曹志海 等著



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

胶州湾湿地生态系统功能 保护与生态修复研究

徐宾铎 任一平 陈聚法 徐宗军 张光涛 曹志海 等著

中国海洋大学出版社

·青岛·

内 容 简 介

本书是胶州湾湿地生态系统功能保护与生态修复研究的系统总结,全书共 10 章,分别论述了胶州湾湿地概况、胶州湾湿地生态系统研究概述、湿地类型与分布、胶州湾湿地生态环境、胶州湾湿地生物群落结构、胶州湾湿地退化机理、胶州湾湿地生态系统服务功能、胶州湾湿地资源合理利用与保护对策、退化湿地生态系统的恢复技术和胶州湾湿地生态修复技术研究与实践等。

本书可供从事滨海湿地生态学、海洋生态环境保护、生态经济、生物资源保护和生态修复研究等专业的高校师生、科研人员以及有关管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

胶州湾湿地生态系统功能保护与生态修复研究 / 徐
宾铎等著. —— 青岛: 中国海洋大学出版社, 2015.9
ISBN 978-7-5670-1005-5

I. ①胶… II. ①徐… III. ①黄海-海湾-沼泽化地-生态系统-环境保护-研究②黄海-海湾-沼泽化地-生态恢复-研究 IV. ①P942.520.78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 231861 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号

邮政编码 266071

出版人 杨立敏

网 址 <http://www.oucpress.com>

电子邮箱 dengzhike@sohu.com

订购电话 0532-82032573 (传真)

责任编辑 邓志科

电 话 0532-85902495

印 制 淄博恒业印务有限公司

版 次 2015 年 9 月第 1 版

印 次 2015 年 9 月第 1 次印刷

成品尺寸 170 mm×230 mm

印 张 22.5

字 数 350 千

定 价 42.00 元

前 言

湿地生态系统是地球上最重要的三大生态系统(森林、海洋和湿地)之一。湿地有“地球之肾”的美誉,是水圈和地圈界面上的特殊生态系统的重要组成部分,尤其滨海湿地在净化环境、减轻灾害、保护海岸线和维持生物多样性中发挥着重要作用。它不仅能提供丰富的资源,如土地资源、盐业资源、生物资源和旅游资源等,还具有调节气候、调节水文、净化污染物,为生物提供栖息地等多种功能。而且,由于滨海湿地特殊的地理位置,其生态特征不仅受到陆地环境的制约,还受到海洋环境的影响,既受到自然因素的控制,又受到人类活动的干扰,因此滨海湿地具有脆弱性的特点。此外,从景观的角度出发,滨海湿地生态系统还具有景观的动态变化性和空间异质性。鉴于河口、滨海湿地特殊的地理位置和作用,各国日益重视对其的保护研究工作。

青岛的湿地,尤其胶州湾湿地,对青岛市经济可持续发展起到重要作用。胶州湾湿地具有非常高的生态服务功能,包括涵养水源、防洪减灾、调节水文、控制侵蚀、水体净化以及作为水生和沼生生物的栖息地、繁殖区和候鸟迁徙越冬地等。长期以来,由于缺乏对湿地重要性的全面认识,加上来自流域、城市、全球变化等多方面、多尺度的影响,胶州湾湿地已经成为过程复杂、变化迅速、受干扰强度大、退化和破碎化程度高的重要湿地类型。因此,尽快查清胶州湾湿地的退化机理以及修复与保护原理,为当前急迫的湿地生态修复工作提供科学的理论依据,并促进相关的生态系统管理,是青岛市社会、经济可持续发展的战略需要。

作为典型海湾,开展胶州湾湿地生态系统功能保护与生态修复研究,具有重要的示范意义。在海洋公益性行业科研专项经费项目“胶州湾湿地生态系统功能保护与生态修复研究”的支持下,项目组对胶州湾湿地生态系统结构、功能及其变化,生态系统服务功能价值,功能退化机理以及生态修复措施及技术等方面进行了系统研究。项目成果将不仅为胶州湾海洋生态与环境保护和海洋生物资源的合理开发利用提供科学依据,推动青岛市海洋经济发展、生态城市建设和创建国家级生态示范区,而且将与其他海湾生态系统的保护和科学利用提供参考。

本书是对胶州湾湿地生态系统功能保护与生态修复研究的总结,由中国海洋大学、中国水产科学研究院黄海水产研究所、国家海洋局第一海洋研究所、中



国科学院海洋研究所、青岛市海洋环境监测预报中心和山东大学(威海)的有关人员撰写完成。全书分为三篇十章,第一章胶州湾湿地概况;第二章胶州湾湿地生态系统研究概述;第三章胶州湾湿地类型与分布;第四章胶州湾湿地生态环境;第五章胶州湾湿地生物群落结构及变化;第六章胶州湾湿地退化机理研究;第七章胶州湾湿地生态系统服务功能研究;第八章胶州湾湿地资源合理利用与保护对策;第九章胶州湾退化湿地生态系统恢复技术;第十章胶州湾湿地生态修复技术研究与实践。

本书各章节的协作分工如下:

第1章 任一平、郑伟

第2章 徐宾铎

第3章 徐宗军

第4章 陈聚法

第5章 徐宾铎、张光涛

第6章 徐宗军、陈聚法、葛长宇、唐学玺、郑伟

第7章 郑伟、徐宗军

第8章 任一平

第9章 徐宾铎

第10章 任一平、曹志海、陈聚法、徐宗军、唐学玺

参加本书资料整理、撰写工作的其他人员还包括(按姓氏笔画排序):万艾勇、王悠、王影、过锋、乔向英、刘传霞、肖慧、辛梅、辛俊宏、张帆、张艳、张崇良、张鑫鑫、周斌、周明莹、郑炯、赵俊、赵增霞、咎肖肖、夏斌、徐勇、崔正国、曾慧慧和薛莹等。各章节撰写人员名单附后,全书由徐宾铎统稿。

课题在进行过程中,一直得到青岛市海洋与渔业局、胶州市营海镇海洋水产公司、胶州营海渔业养殖有限公司、胶州湾滨海湿地海洋特别保护区管理站和青岛鑫海渔业有限公司等单位的大力支持和帮助。在项目研究及成书过程中得到了中国海洋大学陈大刚教授,青岛市林业局野生动植物保护工作站王希明高级工程师的热情帮助和大力支持。对上述有关单位和专家的热情帮助和支持,在此表示衷心的感谢!感谢中国海洋大学水产学院渔业海洋学实验室的博士研究生韩东燕和麻秋云对本书初稿的文字校对工作!书中引用了国内外许多学者已发表的研究成果或图表等资料,在此表示诚挚的谢意!

由于作者水平有限,书中难免有遗漏和错误之处,敬请广大读者不吝赐教,提出宝贵意见和建议。

徐宾铎

2015.6

目 录

第一篇 绪论	1
第一章 胶州湾湿地概况	1
第一节 自然概况	1
第二节 经济和社会概况	2
第二章 胶州湾湿地生态系统研究概述	4
第一节 胶州湾湿地研究的必要性	4
第二节 胶州湾湿地研究现状	6
第三节 胶州湾湿地的研究目标和内容	14
第二篇 胶州湾湿地生态系统及功能保护	21
第三章 胶州湾湿地类型与分布	21
第一节 胶州湾湿地类型	21
第二节 胶州湾湿地面积	27
第三节 胶州湾湿地分布	29
第四章 胶州湾湿地生态环境	30
第一节 胶州湾湿地地貌和地质环境	30
第二节 胶州湾湿地气候和水文环境	33
第三节 胶州湾湿地水环境质量	35
第四节 胶州湾湿地沉积物环境质量	94
第五章 胶州湾湿地生物群落结构及变化	123
第一节 叶绿素	123
第二节 浮游生物	125
第三节 浅海湿地底栖动物	130

第四节	潮滩湿地大型底栖动物	132
第五节	胶州湾浅海湿地游泳动物	160
第六章	胶州湾湿地退化机理研究	172
第一节	胶州湾湿地的退化现状	172
第二节	胶州湾湿地环境退化机理及保护对策	181
第三节	湿地关键生物地球化学过程研究	188
第四节	主要污染物和生物之间定量构效关系研究	228
第五节	胶州湾湿地退化的环境效应	248
第七章	胶州湾湿地生态系统服务功能研究	254
第一节	湿地生态系统服务功能的内涵与分类	254
第二节	湿地生态系统服务价值评估方法	258
第三节	胶州湾湿地生态系统服务功能评估	263
第四节	胶州湾湿地生态系统服务功能受损分析	266
第八章	胶州湾湿地资源合理利用与保护对策	273
第一节	胶州湾湿地资源利用现状	273
第二节	胶州湾湿地保护对策	275
第三篇	胶州湾退化湿地生态系统恢复技术与实践	277
第九章	胶州湾退化湿地生态系统恢复技术	277
第一节	生态恢复的概念及理论简介	277
第二节	胶州湾湿地恢复的目标、策略与方法	279
第十章	胶州湾湿地生态修复技术研究与实践	281
第一节	胶州湾湿地污染控制与环境修复技术	281
第二节	胶州湾滨海湿地海洋特别保护区建设	295
第三节	胶州湾退化湿地生态系统恢复	298
第四节	湿地植物适宜种群的耐盐性和繁殖栽培技术	304
第五节	滩涂池塘生态养殖模式	319
第六节	浅海湿地贝类养护模式	328
第七节	胶州湾浅海生物资源增殖修复	333
参考文献		336

第一篇 绪论

第一章 胶州湾湿地概况

第一节 自然概况

湿地是分布于陆地生态系统和水域生态系统之间, 具有独特的水文、土壤与生物特征的生态系统。《拉姆萨湿地公约》将湿地定义为: “湿地是指不论其为天然或人工、长久或暂时性的沼泽地、泥炭地、水域地带, 静止或流动的淡水、半咸水、咸水水体, 包括低潮时水深不超过 6 米的水域。”所有季节性或常年积水地段, 包括沼泽地、泥炭地、湿草甸、湖泊、河流及泛洪平原、河口三角洲、滩涂、珊瑚礁、红树林、水库、池塘、海稻田以及低潮时水深浅于 6 米的海岸带等, 均属湿地范畴(陆健健, 1990)。湿地与森林、海洋并称为全球三大生态系统, 具有多种生态功能。由于湿地具有调节气候、涵养水源、蓄洪防旱、保持水土、净化环境、保持生物多样性和生态平衡等多种生态功能, 被喻为“地球之肾”, 故其正日益受到人们的重视。

胶州湾湿地是山东半岛面积最大的河口海湾型湿地, 主要分布于胶州湾北部, 东经 $120^{\circ}06' \sim 120^{\circ}19'$, 北纬 $36^{\circ}03' \sim 36^{\circ}22'$ 的区域。其中, 潮上带各种自然湿地、人工湿地、潮间带滩涂湿地主要分布在胶州湾的北部、西北部沿岸, 自海向陆依次为潮下带浅海湿地、潮间带滩涂湿地、养殖池、盐田和潮上带自然湿地分布。河流与河口湿地穿过潮上带各种自然湿地、人工湿地和潮间带滩涂湿地汇入胶州湾(陆健健, 1990; 赵焕庭和王丽荣, 2000; 张绪良和夏东兴, 2004)。

列入《中国湿地保护行动计划》中国重要湿地名录的胶州湾湿地, 由于其特殊的地理位置和丰富的湿地生物资源, 成为亚太地区水鸟迁徙的重要停歇地和越冬地, 是水鸟的重要繁殖区、越冬区及亚太地区候鸟迁徙的必经驿站。



胶州湾湿地区域属暖温带气候东亚季风气候区,受海洋季风调节,空气湿润,雨量充沛,温度适中,四季分明。年平均温度 12.1℃。全年太阳辐射量 115.7~123.0 千卡/平方厘米,总日照 2400~2650 小时,降雨量 725~1100 毫米,无霜期 200~240 天,平均风速 3.4~7.4 米/秒(杨艳伍,2010)。

胶州湾湿地主要植被包括芦苇、碱蓬、盐角草、结缕草、大米草、白茅、獐茅、怪柳和罗布麻等(张绪良等,2009)。

胶州湾滨海湿地从北向南,依次分布滨海盐化潮土、水稻土和潮化盐土等土壤类型。滨海盐化潮土,土层深厚,土体总厚度超过 150 厘米,耕性良好,具有一定的盐碱性。水稻土,土层深厚,45~150 厘米之间出现单粒状,紧沙土漏水漏肥,但在 28~45 厘米之间有一结构较为细腻的中壤层,对水肥的渗透有一定的抑制作用。表层质地疏松,易于耕作。滨海潮化盐土,由于土层含盐分较高,故地表聚集盐斑,多以生长芦苇为主,部分为盐碱荒地和光板海滩(杨艳伍,2010)。

(任一平)

第二节 经济和社会概况

胶州湾沿岸包括青岛市市南区、市北区、城阳区、胶州市和黄岛区,沿岸辖区面积为 4239 平方千米。2009 年年末青岛市户籍总人口为 762.92 万人,增长 0.18%,其中,市区 275.47 万人,下降 0.28%;五市(县级)487.44 万人,增长 0.44%。城市居民人均可支配收入 22368 元,增长 9.3%;人均消费性支出 16080 元,增长 7.2%;城市居民家庭食品消费支出占家庭消费性支出的 38.5%。全市在岗职工平均工资 25396 元,增长 9.0%。农民人均纯收入 9249 元,增长 8.7%;人均生活消费支出 5832 元,增长 10.0%;农村居民家庭食品消费支出占家庭消费总支出的 36.4%。

区域产业优势。自 1897 年德国人占领青岛和胶州湾以来,经过德、日殖民者几十年的经营,胶州湾沿岸(主要指青岛市)的工业有了一定的基础。1949 年以前,青岛市的工业以纺织、卷烟、食品等行业为主。1949 年以后,胶州湾沿岸工业得到了较快的发展。1988 年,工业总产值为 161.58 亿元,占工农业生产总值的 93.8%,主要工业部门有轻纺、电子、化工、食品和机械等。到

2009年青岛市全市年主营业务收入500万元及以上的工业法人企业(以下简称规模以上工业企业)完成增加值2338.13亿元,增长14.9%;其中,国有企业增长8.3%,集体企业增长12.1%,股份制企业增长18.5%,外商及港澳台投资企业增长10.4%,其他经济组织增长23.4%。分轻、重工业看,轻工业增加值999.54亿元,重工业增加值1338.6亿元,分别增长12.7%和16.6%,轻、重工业的比例为42.75:57.25。

胶州湾沿岸农业生产历史悠久,生产水平也比较高。1988年,沿岸农业总产值19.02亿元,粮食产量 85.88×10^4 吨。种植的主要粮食品种有玉米、小麦,果树品种有苹果、葡萄和桃等。2009年青岛市全市第一产业增加值230.25亿元。2009年全市粮食播种面积52.92万公顷,增长3.6%,总产量达到353.91万吨,增长6.1%,创历史新高。2009年年末全市实有耕地面积41.87万公顷,增长0.2%。

(郑伟)



第二章 胶州湾湿地生态系统研究概述

第一节 胶州湾湿地研究的必要性

湿地有“地球之肾”的美誉,是水圈和地圈界面上的特殊生态系统的重要组成部分,尤其滨海湿地在净化环境、减轻灾害、保护海岸线和维持生物多样性方面发挥着重要作用。滨海湿地处于海洋与陆地的交汇地带,要承受海陆各种物质的补给,大量悬浮物和营养盐在此沉降,咸淡水混合交汇,嫌气和好气条件频繁转换,使它成为特殊的自然综合体。它不仅能提供丰富的湿地资源,如土地资源、盐业资源、生物资源和旅游资源等,还具有调节气候、调节水文、净化污染物和为生物提供栖息地等多种生态服务功能。而且,由于滨海湿地特殊的地理位置,其生态特征不仅受到陆地环境的制约,还受到海洋环境的影响,既受到自然因素的控制,又受到人类活动的干扰,因此滨海湿地具有脆弱性的特点。此外,从景观的角度出发,滨海湿地生态系统还具有景观的动态变化性和空间异质性。鉴于河口、滨海湿地特殊的地理位置和作用,各国日益重视对其的保护研究工作。

胶州湾是青岛的母亲湾,从历史和现状来看,其皆蕴含着巨大的生态和经济价值。大沽河是注入胶州湾流程最长、流域面积最广的河流,该河口湿地也是青岛市最大的湿地,面积约 400 平方千米,是目前青岛市人口分布密集、经济活动开展活跃的区域之一,对青岛市的经济发展起着重要作用。胶州湾湿地在净化环境、减轻灾害、保护海岸线和维持生物多样性方面发挥着重要作用,然而,在我们向胶州湾索取巨大财富的同时,大量开发活动对其生态功能产生了危害,也对其生态环境带来巨大威胁。胶州湾的面积在不断缩小,推算该湾在 1915~1932 年水域面积为 560 平方千米左右,1935 年实际调查面积为 559 平方千米,新中国成立后由生产恢复到开发时期,1963 年实测面积缩为 423 平方千米,1980 年调查又减至 400 平方千米,到 1985 年因虾池开发、围海造地等影响估计面积又缩减至 374.4 平方千米(按人工用海的外部界线计算),至 2006 年面积大约为 362.4 平方千米,即胶州湾面积在 70 余年的时间里减少约 200 平方千米。水域面积的缩小已经造成海湾的纳潮量急剧减

少,对气候调节能力降低,水动力强度减弱,水体交换和携沙能力下降,导致海洋自净能力降低,生态环境恶化。

由于受到污染的影响,胶州湾的生态环境受到严重破坏,生物多样性迅速减少。目前,胶州湾部分水域污染仍然较严重,主要污染物是无机氮、磷酸盐和石油类等。若不严格控制,将会破坏海洋生态环境,影响海洋经济发展,进一步制约青岛市的整体发展。

在控制陆源污染的同时,滨海湿地对生态系统的恢复有着不可替代的功能。湿地最明显的生态功能表现在作为鱼类、虾类、蟹类、贝类等水生动物的栖息地,而且湿地还有助于减缓水流的速度,当含有毒物和杂质(农药、生活污水和工业排放物)的流水经过湿地时,流速减慢,有利于毒物和杂质的沉降和排除。此外,一些湿地植物像芦苇、碱蓬能有效地吸收有毒物质,起到生物净化作用。湿地还是海岸带生产力最高的地域,是鸟类、鱼类、两栖动物和爬行动物繁殖、栖息、迁徙和越冬的场所,其中许多种类是珍稀、濒危物种。湿地蕴含着丰富秀丽的自然风景,具有自然观光、旅游和娱乐等美学方面的功能,成为人们观光游览的好地方。

总之,滨海湿地除了具有净化水质、孕育渔产和保护海岸线等效益外,还具有教育、游憩和科学研究等陶冶人类心灵以及增进人类福祉的功能。然而,在这些地带的大量无序开发活动将产生不可逆破坏,从而危及人类社会自身的可持续发展。因此,保护好胶州湾湿地生态系统,使区内原有虾塘退塘返海、培植芦苇,以恢复湿地景观,提高自然净化能力,开展滨海湿地生态系统功能保护与生态修复研究具有十分重要的意义。

围绕海洋经济社会发展、海洋综合管理、海洋公益服务和海洋权益维护等亟须解决的科技问题以及国际趋势,《国家“十一五”海洋科学技术发展规划纲要》明确提出了要使我国海洋生态环境保护、海洋公益服务等方面能力显著增强。《2008-2010年海洋公益性行业科研专项经费重点支持领域》中明确指出了海洋生态系统退化机理与修复技术研究是优先支持领域之一。因此,开展以保护海洋生态和环境、促进保护与开发协调发展,开展海洋生态保护和生态修复等技术和应用基础研究,提高我国海洋生态和环境保护与管理水平,是我国海洋经济和海洋科技发展的必然要求。

在此背景下,以大沽河河口及胶州湾浅海湿地为重点研究区域,旨在查



清胶州湾湿地生态系统结构、功能及其变化,生态系统服务功能价值,生态功能退化机理;探索出合理的生态修复措施及技术,以保护其海洋生态和环境;同时为河口海湾滨海湿地生态系统的功能保护与生态修复提供示范。研究成果将不仅为胶州湾湿地的保护和合理开发提供科学依据,也将为其他海湾生态系统的保护和科学利用提供参考。

(徐宾铎)

第二节 胶州湾湿地研究现状

一、湿地研究发展趋势

湿地、森林和海洋并称为地球三大生态系统,由于湿地在地球环境健康发展中至关重要的作用以及在生物多样性和食物提供方面的巨大贡献而被誉为“地球之肾”、“生物超市”和“基因库”等。湿地是地球上生产力最高的生态体系。自然湿地可分为内陆湿地和滨海湿地两大类。由于受到海陆共同作用,滨海湿地是脆弱的生态敏感区。滨海湿地具有强大的生态服务功能,然而由于人类活动的长期和强烈干扰,导致该系统严重受损和退化。国外滨海湿地的研究较早,成果较多,国内研究要晚一些,系统的研究也较少。近年来,随着经济的发展和环境的不断恶化,滨海湿地的研究才被渐渐重视起来。

目前湿地科学国际前沿研究主要集中在:湿地植物的功能,湿地生物地球化学过程与功能,湿地恢复与构建,湿地保护与管理,湿地监测与评价,遥感,生态模型和地理信息系统等领域。国内也在湿地退化的驱动力,湿地生态系统结构,功能变化过程机理,湿地恢复的目标、原则、评价标准、恢复策略以及退化湿地恢复措施和技术等方面进行了相关研究,包括湿地植被保护与恢复技术,湿地生态系统服务功能评价,湿地生物多样性研究,外来种的正负生态效应和生态控制模式等。

利用现代手段进行定量化研究和过程模拟以及建立生态模型是现代湿地生态过程研究的发展趋势。退化湿地恢复与重建的主要目的是恢复丧失的生物多样性以及服务功能,并预测某一恢复措施的可能结果。湿地恢复应设计最基本的自我维持系统,将湿地作为自然景观的一部分。湿地改造过程和方式可概括为三个过程:增加/降低湿地水位、增加/减少湿地生态系统营养及

增强/减弱湿地的自然扰动。

在过去的几十年中,由于人类活动的加剧等导致了滨海河口湿地生境的快速退化,其生态功能严重受损,并造成了巨大的社会和经济损失。人们逐渐意识到必须采取有效的措施对受损湿地生境进行修复。早在 20 世纪 20~30 年代美国提出了生境修复的概念,并很快在英国、荷兰、德国和日本等发达国家流行起来。如生态恢复学会开展了一些国家层面上的生境修复和重建的大型计划,其中美国环境保护署于 1987 年开始了国家河口计划,其目的是保护河口环境,重建河口良性生态系统。该计划对生境修复特别是湿地修复进行了有益的探讨,得到许多经验。美国国家海洋和大气管理局设有生境修复中心,提出了修复海岸和河口生境的国家策略,为海岸和河口生境修复提供了一个框架,提出了生境恢复的综合方案,比较成功的例子如缅因湾海岸带生境修复。此外,美国环境保护署还于 1986 年开始了湿地行动计划,英国农业、渔业和粮食部于 1994 年开展了生境计划,进行了近海沿岸盐沼的修复与重建。这类重大计划的实施,极大地推动了海岸带生境修复技术的研究、发展和应用。

这些生境修复和重建计划实施大多遵循以下思路:①探明生境退化及其控制性因素;②明确生境修复的目标;③设计生境修复整体方案;④实施生境修复方案。由于导致生境退化的原因是多种多样的,针对不同原因导致的生境退化,提出了相应的生境修复方案和修复技术。如对于植被破坏的恢复,广泛采用了引种植物、围栏和移植等手段;对受溢油污染的湿地修复进行了多种工程研究和技术开发,如 1990 年纽约港的石油泄漏治理工程、1993 年 Tampa 港的溢油污染处置方法均为相关湿地恢复技术积累了宝贵的经验。

近几十年来,国际上对生物种群和生物群落在湿地退化的指示、评价技术与恢复技术研究十分重视。生物用于生态环境的指示与评价已有 50 余年的历史,20 世纪 60 年代初人们就利用生物指示技术进行水体环境的质量评价,至 70 年代国际上开始普遍重视海洋生态环境污染状况的生物指示与评价。80 年代以来,国际上逐步形成了分子水平、细胞水平、个体水平、种群水平和群落水平的生物评价技术及指标体系,并迅速成为国际上生境评价的重要手段之一。90 年代以来,结合底栖生物群落的多样性指数、均匀度指数和理化参数进行的多变量分析软件不断更新和改进,有关应用底栖生物评价水



体环境状况的新方法和新技术层出不穷。目前认为,由于生物指示和评价方法包括各种未知因子相互作用的综合后果以及污染物与环境因子的连续性和积累性作用,它比常规理化监测能更准确地反映环境对生物污染胁迫的综合状况;在多种因子作用的情况下,生物指示技术直接反映环境污染对生物的影响,更能反映生境退化的真实状况。因此近 20 年来其被广泛应用于各类生境退化的指示和评价中。

二、胶州湾湿地研究现状

(一)胶州湾湿地生物多样性

张绪良等(2009)对胶州湾海岸湿地的生物多样性特征进行了分析,将对胶州湾海岸湿地生态系统结构和功能起重要作用的湿地生物分为浮游植物、浮游动物、底栖动物、水禽和湿地维管束植物 5 大类;与 20 世纪 80 年代的调查结果相比,胶州湾海岸湿地中的浮游植物、浮游动物和游泳生物种类都有明显的减少。

胶州湾湿地主要植被包括芦苇、碱蓬、盐角草、结缕草、大米草、白茅、蔺茅、柹柳和罗布麻等。张绪良等(2006)研究总结了胶州湾海岸湿地维管束植物的区系特征与保护对策。湿地维管束植物可分为盐生植物、水生植物、湿生植物和沙生植物 4 大生态类群,针对胶州湾海岸湿地发生的退化现象,提出了保护胶州湾海岸湿地维管束植物的初步措施。河口湿地芦苇群落是胶州湾湿地主要群落类型,在胶州湾湿地生态系统生物生产和生物地化循环中起到了重要作用。咎肖肖等(2011)对大沽河河口湿地芦苇的生长及生物量动态进行了研究。在芦苇主要生长季节,地上部非同化器官生物量对地上部总生物量的月变化有较大贡献,降水量对芦苇地上部生物量增长有较大影响。芦苇根系生长变化与芦苇植株自身对营养等生存条件获取的自我调控有关。

耿以龙等(2006)对胶州湾湿地水鸟资源现状进行了研究,并探讨了其保护对策。胶州湾湿地鸟类有 12 目 26 科 156 种,其中包括许多全球濒危和国家级重点保护种类;提出应尽早建立湿地自然保护区,开展水鸟资源的保护和湿地环境生态改造。张绪良等(2008)在利用相对数量法进行水禽种群调查基础上,研究了胶州湾滨海湿地水禽区系的构成及多样性特征。与青岛市陆禽、鸣禽、猛禽、攀禽等鸟类相比,胶州湾滨海湿地水禽的多样性指数、均匀度

指数最高,指出胶州湾滨海湿地对青岛市鸟类多样性保护非常重要。

于莹等(2011)对胶州湾浮游纤毛虫丰度和生物量的周年变化进行了研究。胶州湾纤毛虫丰度的范围为 41~31077 ind/L, 生物量范围为 0.06~99.37 $\mu\text{gC/L}$;纤毛虫的分布表层高于底层,表层砂壳纤毛虫生物量及表层纤毛虫的生物量均与表层温度呈极显著正相关,与盐度呈极显著负相关;表层砂壳纤毛虫的生物量及表层纤毛虫生物量与叶绿素 a 浓度无显著相关性。万艾勇等(2012)利用垂直拖网研究了胶州湾大沽河河口邻近海域海月水母碟状体和水母体的时空分布情况以及对其他浮游动物类群的影响,并探讨了海月水母的生态适应性。海月水母的碟状体 4 月份开始在胶州湾出现,并且丰度逐渐增加;2009 年海月水母暴发时夜光虫和桡足类春季丰度高值显著低于其他年份。

曾慧慧等(2012)根据 2009 年 3 月~2010 年 2 月在胶州湾湿地潮下带浅水区进行的逐月鱼类定置网调查,分析了胶州湾浅水区鱼类种类组成及其季节变化。共鉴定出鱼类 44 种,隶属于 9 目 24 科 39 属。渔获鱼类皆为硬骨鱼类,以鲈形目(Perciformes)的种类最多,有 11 科 23 属 25 种。在各科中,以虾虎鱼科(Gobiidae)鱼类种类最多,共 9 属 10 种。按适温类型分,暖温性鱼类共 23 种(占 52.27%),暖水种 14 种(占 31.82%),冷温种 7 种(占 15.91%);按栖息水层组成分,底层鱼类 36 种(占 81.82%),中上层鱼类 8 种(占 18.18%);按产卵类别分,产浮性卵鱼类 21 种(占 47.73%),黏着沉性卵鱼类 11 种(占 25%),附着性卵鱼类 9 种(占 20.45%),卵胎生种类 3 种(占 6.82%)。本调查在胶州湾内浅水区发现 40 余种幼鱼,尤其仍存在鲛、许氏平鲉、钝吻黄盖鲷和短吻红舌鲷等经济种类,表明胶州湾仍是重要的鱼类产卵场和育幼场,应加强对胶州湾生态环境和渔业资源的保护,以期保护渔业生物多样性和实现渔业资源的可持续利用。Xue 等(2011)对胶州湾 31 种鱼类的体长-体重关系进行了研究,该研究首次研究了胶州湾海域 15 种鱼类的体长-体重关系,并更新了 2 种鱼类的最大体长。徐宾铎等(2013)根据 2009 年 3 月~2010 年 2 月在胶州湾西北部近岸浅水区进行的鱼类逐月定置网调查数据,采用生态多样性指数和多元统计分析等方法研究了该海域的鱼类群落结构及多样性特征。鱼类种类组成与底层水温和盐度有密切关系,底层水温是影响胶州湾近岸浅水区鱼类群落结构时间变化的主要环境因子。在胶州湾内近岸浅水区发现 40 余种幼



鱼,但占优势的主要为低值鱼类,表明胶州湾的产卵场、肥育场功能有所下降,应加强胶州湾近岸水域生态环境和渔业资源的保护及修复。梅春等(2010)根据2008年9月~2009年2月在胶州湾中部海域进行的逐月定点底拖网调查数据,分析了该海域秋、冬季鱼类群落结构特征和多样性变化。研究表明,该海域秋、冬季鱼类的相对资源量存在明显的月间变化,秋、冬季组间鱼类群落结构、物种多样性指数均无显著性差异。徐宾铎等(2010)根据2009年3~8月在胶州湾中部海域逐月进行的定点底拖网调查数据,对胶州湾中部海域春、夏季鱼类群落结构特征进行了分析。研究表明,该海域种类数随底层水温的升高而增加,相邻月份鱼类组成及生物量大小的顺位基本稳定,影响胶州湾中部海域鱼类种类组成月间变化的主要环境因子为底层水温。陈晓娟等(2010)对胶州湾中部海域秋、冬季大型无脊椎动物群落结构及多样性进行了研究,指出胶州湾优势种组成具有较明显的月间变化,胶州湾中部海域秋、冬季大型无脊椎动物群落可划分为2个时间组群,组群间群落种类组成结构差异不显著。

李宝泉等(2006)对胶州湾女姑口潮间带大型底栖动物群落生态学进行了研究。女姑口潮间带高、中和低潮区生物种类和生物组成均差别较大,物种多样性指数季节性变化明显。王洪法等(2006)对胶州湾红石崖潮间带大型底栖动物群落生态学进行了研究。胶州湾红石崖潮间带大型底栖动物的种数、生物量和栖息密度,在不同潮区以及不同季节差别较大,这主要是由生境的差异引起的。张宝琳等(2007)利用2003年8月至2004年5月4个季度月在胶州湾辛岛潮间带的3个不同潮区的调查资料,对胶州湾辛岛潮间带大型底栖动物生态学进行分析。该区大型底栖动物的栖息密度和生物量有明显的季节变化。李新正等(2006)对胶州湾潮间带大型底栖动物的群落生态进行了研究。研究发现同一潮间带的低、中、高潮带大型底栖动物群落种类组成相似性都比较高。张崇良等(2010)对胶州湾西北部潮间带冬季大型底栖动物丰度和生物量进行了分析。大型底栖动物的种类组成、丰度与生物量的分布很不均匀,环境的复杂性和人为扰动可能是胶州湾西北部潮间带底栖动物分布不均匀的主要原因。张崇良等(2011)根据2009年4个季度月在胶州湾潮间带进行的大型底栖动物调查,对潮间带大型底栖动物次级生产力进行了估算。大型底栖动物群落种类组成和海域水温特征可能是造成次级生产力不同模型