



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十三五”国家重点图书出版规划项目
中国河口海湾水生生物资源与环境出版工程

庄平 / 主编

桑沟湾生态环境

与生物资源可持续利用

张继红等◎编著

 中国农业出版社



“十三五”国家重点图书出版规划项目
中国河口海湾水生生物资源与环境出版工程
庄 平 主编

桑沟湾生态环境与 生物资源可持续利用

张继红 等 编著

中国农业出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

桑沟湾生态环境与生物资源可持续利用/张继红等
编著. —北京: 中国农业出版社, 2018. 12
中国河口海湾水生生物资源与环境出版工程/庄平
主编
ISBN 978-7-109-24697-3

I. ①桑… II. ①张… III. ①海湾—生态环境—研究—
—山东②海洋生物资源—研究—山东 IV. ①X321.252
②P745

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 232388 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)
(邮政编码 100125)

策划编辑 郑珂 黄向阳
责任编辑 郑珂 弓建芳

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 21.75

字数: 445 千字

定价: 150.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内容简介

本书是桑沟湾生态环境与养殖生物资源研究的系统总结，全书共六章，分别论述了桑沟湾概况、桑沟湾生态环境与评价、桑沟湾自然生物资源、桑沟湾健康养殖的生态学基础、桑沟湾养殖容量评估、桑沟湾健康养殖的管理策略。本书可供海水养殖学、养殖生态学、生物资源保护、海洋生物学、渔业经济、海洋生态环境保护 and 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。

丛书编委会



科学顾问 唐启升 中国水产科学研究院黄海水产研究所 中国工程院院士
曹文宣 中国科学院水生生物研究所 中国科学院院士
陈吉余 华东师范大学 中国工程院院士
管华诗 中国海洋大学 中国工程院院士
潘德炉 自然资源部第二海洋研究所 中国工程院院士
麦康森 中国海洋大学 中国工程院院士
桂建芳 中国科学院水生生物研究所 中国科学院院士
张 偲 中国科学院南海海洋研究所 中国工程院院士

主 编 庄 平

副 主 编 李纯厚 赵立山 陈立侨 王 俊 乔秀亭
郭玉清 李桂峰

编 委 (按姓氏笔画排序)

王云龙	方 辉	冯广朋	任一平	刘鉴毅
李 军	李 磊	沈盎绿	张 涛	张士华
张继红	陈丕茂	周 进	赵 峰	赵 斌
姜作发	晁 敏	黄良敏	康 斌	章龙珍
章守宇	董 婧	赖子尼	霍堂斌	

本书编写人员



张继红 任黎华 魏龔伟 吴桃 陈洁
张义涛 姚永锋 吴文广 刘毅 孙科



中国大陆海岸线长度居世界前列，约 18 000 km，其间分布着众多具全球代表性的河口和海湾。河口和海湾蕴藏丰富的资源，地理位置优越，自然环境独特，是联系陆地和海洋的纽带，是地球生态系统的重要组成部分，在维系全球生态平衡和调节气候变化中有不可替代的作用。河口海湾也是人们认识海洋、利用海洋、保护海洋和管理海洋的前沿，是当今关注和研究的热点。

以河口海湾为核心构成的海岸带是我国重要的生态屏障，广袤的滩涂湿地生态系统既承担了“地球之肾”的角色，分解和转化了由陆地转移来的巨量污染物质，也起到了“缓冲器”的作用，抵御和消减了台风等自然灾害对内陆的影响。河口海湾还是我们建设海洋强国的前哨和起点，古代海上丝绸之路的重要节点均位于河口海湾，这里同样也是当今建设“21 世纪海上丝绸之路”的战略要地。加强对河口海湾区域的研究是落实党中央提出的生态文明建设、海洋强国战略和实现中华民族伟大复兴的重要行动。

最近 20 多年是我国社会经济空前高速发展的时期，河口海湾的生物资源和生态环境发生了巨大的变化，亟待深入研究河口海湾生物资源与生态环境的现状，摸清家底，制定可持续发展对策。庄平研究员任主编的“中国河口海湾水生生物资源与环境出版工程”经过多年酝酿和专家论证，被遴选列入国家新闻出版广电总局“十三五”国家重点图书出版规划，并且获得国家出版基金资助，是我国河口海湾生物资源和生态环境研究进展的最新展示。



该出版工程组织了全国 20 余家大专院校和科研机构的一批长期从事河口海湾生物资源和生态环境研究的专家学者，编撰专著 28 部，系统总结了我国最近 20 多年来在河口海湾生物资源和生态环境领域的最新研究成果。北起辽河口，南至珠江口，选取了代表性强、生态价值高、对社会经济发展意义重大的 10 余个典型河口和海湾，论述了这些水域水生生物资源和生态环境的现状和面临的问题，总结了资源养护和环境修复的技术进展，提出了今后的发展方向。这些著作填补了河口海湾研究基础数据资料的一些空白，丰富了科学知识，促进了文化传承，将为科技工作者提供参考资料，为政府部门提供决策依据，为广大读者提供科普知识，具有学术和实用双重价值。

中国工程院院士

2018 年 12 月

前言



桑沟湾 ($37^{\circ}01'$ — $37^{\circ}09'$ N、 $122^{\circ}24'$ — $122^{\circ}35'$ E) 位于山东荣成, 北起青鱼嘴南至楮岛, 南、北、西三面为陆地环抱, 东面湾口与黄海相接, 东西宽 7.5 km, 南北宽 (湾口宽) 11.5 km, 湾内水面面积约为 140 km^2 , 海岸线长 74.4 km。桑沟湾是中国极为著名的养殖良港之一, 是我国北方开展规模化养殖的典型海湾。

海水养殖已逐渐成为满足人类日益增长的优质蛋白质需求的重要途径。发展可持续的水产养殖业是当今世界共同关注的主题。改革开放 40 年来, 我国海水养殖业领域成效显著。利用 10% 的海洋滩涂与水域面积创造了 26% 的海洋 GDP, 2020 年起, 我国海洋渔业的产量需求预估将达到每年 4 000 万 t。根据我国的政策和海洋渔业资源现状, 海洋捕捞产量将长期维持零增长。为满足 4 000 万 t 海产品的年需求量, 到 2020 年, 海水养殖年产量必须翻一番。为了达到这一目标, 需要海水养殖业技术升级、空间扩展和养殖产业的可持续发展。盲目开发、超负荷养殖势必影响养殖生态系统的可持续利用。浅海养殖面临的共性问题环境压力及如何保障养殖产业的可持续发展。了解养殖海域的生态环境现状, 加强养殖生物资源基础理论研究和养殖技术研发的理论和实践意义深远。

自 1996 年中国水产科学研究院黄海水产研究所开始对桑沟湾进行生态环境综合调查研究。本书综合分析了 2006—2007 年、2011—2012 年 8 个航次的综合调查结果和 2014—2015 年 4 个航次的断面调查结果, 以及近年来开展的主要生物资源的生理生态学研究以及养殖容量



评估、养殖技术与模式的研发等方面的研究结果,对桑沟湾的水质、底质、浮游生物、附着生物、养殖生物等方面的特性和变化规律进行了系统研究,探讨了桑沟湾生源要素的生物地化循环过程以及桑沟湾规模化养殖与生态环境的相互作用机理,分析了桑沟湾物质循环和能量流动特性,针对目前桑沟湾生态环境和养殖生物资源存在的主要问题,提出了相应的管理建议,为桑沟湾高效、可持续开发利用提供了科学依据。

本书由张继红提出总体设计和规划,负责全书的统稿、编排工作,并完成底质环境与评价、养殖生物个体生长模型和容量评估模型、桑沟湾存在的问题和策略建议等内容的编写,参与完成了部分生态环境调查的样品采集、分析工作和部分养殖生物的生理生态学实验;任黎华完成了生态环境调查的样品采集、分析和养殖生物皱纹盘鲍、长牡蛎等的生理生态学实验;魏龔伟完成了生态环境调查的样品采集、分析和污损生物的调查和实验工作;吴桃完成了养殖贝类的生理实验;陈洁、张义涛完成了生态环境调查的样品采集、分析和大型藻类生理实验;姚永锋完成了刺参生理实验;吴文广、刘毅、孙科完成了生态环境调查的样品采集、分析及部分书稿的编写。

本书的出版得到国家科技支撑计划(2011BAD13B06、2008BAD95B11)、国家自然科学基金(41276172、41076111、40876087)、国家重点基础研究发展计划(“973计划”)(2006CB400608、2011CB409805)和中国水产科学研究院重大预研项目(2014A01YY01)的共同资助。

由于能力和水平所限,本书会有各种缺点和错误,敬请读者批评指正。

编著者

2018年5月

目 录



丛书序

前言

第一章 桑沟湾概况	1
-----------------	---

第一节 自然地理概况	3
------------------	---

第二节 经济和社会概况	3
-------------------	---

第三节 海水养殖概况	4
------------------	---

第二章 桑沟湾生态环境与评价	5
----------------------	---

第一节 调查与实验方法	7
-------------------	---

一、调查内容	7
--------------	---

二、调查站位的布设	7
-----------------	---

三、调查方法	9
--------------	---

四、生理学实验方法	10
-----------------	----

第二节 评价方法	16
----------------	----

一、有机污染状况、营养水平评价	16
-----------------------	----

二、营养盐限制性评价	16
------------------	----

三、生物多样性计算方法	17
-------------------	----

四、初级生产力计算方法	17
-------------------	----

五、养殖活动对沉积环境压力的评价	18
------------------------	----



第三节 水文特性	19
一、水温	19
二、盐度	21
三、水动力	24
第四节 海水化学	29
一、溶解态无机氮	30
二、溶解态无机磷	33
三、硅酸盐	37
四、营养盐限制	41
五、营养盐的长期变化	43
六、水质环境评价	45
第五节 底质环境与评价	46
一、筏式养鲍区底质环境与评价	46
二、桑沟湾底质环境与评价	50
第六节 初级生产力	55
第三章 桑沟湾自然生物资源	59
第一节 浮游植物	61
一、浮游植物种名录	61
二、优势种及季节变化	68
三、生物多样性	71
四、密度分布及水平等级评价	72
五、长期变化	75
第二节 叶绿素 a	78
一、周日变化	78
二、断面分布	83
三、与其他环境因素的相关性	85

四、时空分布特征	90
第三节 浮游动物	91
一、小型浮游动物	91
二、大型浮游动物	99
三、桑沟湾浮游动物的长期变化特征	106
第四节 大型底栖动物	107
一、调查与分析方法	108
二、种类组成	109
三、优势种	112
四、生物量及丰度	113
五、群落多样性特征	113
六、群落特征与生态环境的关系	114
第五节 附着生物	117
一、污损生物	117
二、附着生物季节演替	122
第四章 桑沟湾健康养殖的生态学基础	137
第一节 主要养殖种类	139
第二节 主要养殖种类的生理生态学特征	140
一、虾夷扇贝	140
二、长牡蛎	146
三、栉孔扇贝	166
四、皱纹盘鲍	174
五、刺参	192
六、大型藻类	203
第三节 养殖活动对环境的影响	209
一、海带碎屑的降解	209



二、海带养殖对叶绿素 a 浓度的影响	218
三、5 种滤食性贝类的摄食行为	225
四、栉孔扇贝养殖笼内水质变化	233
五、栉孔扇贝对颗粒有机物的摄食压力	239
六、长牡蛎生物沉积物对环境底质的影响	244
七、筏式养鲍对水质的影响	250
 第四节 桑沟湾主要养殖模式	 257
一、大型藻类与扇贝	257
二、大型藻类与皱纹盘鲍	257
三、鲍-藻-参	258
四、鱼-贝-藻	258
 第五章 桑沟湾养殖容量评估	 261
 第一节 虾夷扇贝动态能量收支模型	 263
一、模型参数的测定	263
二、生长模型	269
三、虾夷扇贝个体生长数值模型的应用	276
 第二节 海带个体生长数值模型	 277
一、模型与方法简介	278
二、海带生长的主要过程与变量	279
三、变量及赋值依据	280
四、模拟结果	280
五、模型应用	284
 第三节 桑沟湾筏式贝藻的养殖容量评估	 285
一、模型概述	286
二、外部强迫函数的输入	292
三、生物部分及地球化学循环	293
四、敏感性分析	294
五、模型应用	294

第六章 桑沟湾健康养殖的管理策略	305
第一节 面临的主要问题	307
一、水交换周期	307
二、营养盐结构组成	307
三、浮游生物种类、结构	308
四、暴发大面积的赤潮	308
第二节 可持续健康养殖的管理策略	316
一、科学制订生态养殖发展规划	316
二、合理调整养殖布局	316
三、加强养殖容量评估的研究	317
四、大型藻类规模化养殖的应用	317
五、实施综合养殖模式	317
参考文献	318

第一章

桑沟湾概况

