



我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目

REGIONAL OCEANOGRAPHY OF CHINA SEAS
—BIOLOGICAL OCEANOGRAPHY

中国区域海洋学

——生物海洋学

孙 松 主编

 海洋出版社

责任编辑：鹿 源
封面设计：李 冰

908

海洋地貌学

海洋地质学

物理海洋学

化学海洋学

生物海洋学

渔业海洋学

海洋环境生态学

海洋经济学

上架建议：专著

ISBN 978-7-5027-8255-9



9 787502 782559 >

定价：160.00元



我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国区域海洋学

——生物海洋学

孙松 主编

海洋出版社

2012年·北京

内 容 简 介

《中国区域海洋学》是一部全面、系统反映我国海洋综合调查与评价成果,并以海洋基本自然环境要素描述为主的科学巨著。内容包括海洋地貌、海洋地质、物理海洋、化学海洋、生物海洋、渔业海洋、海洋环境生态和海洋经济等。《中国区域海洋学》按专业分八个分册。本书为“生物海洋学”分册,系统叙述了我国近海叶绿素a和初级生产力、微生物、浮游植物、浮游动物以及底栖生物等方面的生物海洋学特点,并对一些特定生境的生物海洋学特征进行了概述。

本书可供从事海洋科学,以及相关学科的科技人员参考,也可供海洋管理、海洋开发、海洋交通运输和海洋环境保护等部门的工作人员及大专院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

中国区域海洋学. 生物海洋学/孙松主编. —北京:海洋出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-5027-8255-9

I. ①中… II. ①孙… III. ①区域地理学-海洋学-中国②海洋生物学-中国
IV. ①P72②Q178.53

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第084381号

责任编辑:鹿源

责任印制:赵麟苏

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

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷

开本:889mm×1194mm 1/16 印张:32

字数:816千字 定价:160.00元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《中国区域海洋学》编写委员会

主任 苏纪兰

副主任 乔方利

编委 (以姓氏笔画为序)

王东晓 王 荣 王保栋 王 颖 甘子钧 宁修仁 刘保华
刘容子 许建平 孙吉亭 孙 松 李永祺 李家彪 邹景忠
郑彦鹏 洪华生 贾晓平 唐启升 谢钦春

《中国区域海洋学——生物海洋学》

分册编写人员名单

主编 孙 松

副主编 李超伦 宁修仁

撰稿人 (以姓氏笔画为序)

王金宝 王晓晨 刘诚刚 孙 军 孙 松 孙晓霞 宋星宇
张光涛 张武昌 李开枝 李超伦 李新正 肖 天 陈清潮
赵 苑 郝 鏊 徐兆礼 郭东晖 寇 琦 黄邦钦 蔡立哲
蔡昱明 谭焯辉

统稿人 孙 松 李超伦

序

我国近海海洋综合调查与评价专项（简称“908专项”）是新中国成立以来国家投入最大、参与人数最多、调查范围最大、调查研究学科最广、采用技术手段最先进的一项重大海洋基础性工程，在我国海洋调查和研究史上具有里程碑的意义。《中国区域海洋学》的编撰是“908专项”的一项重要工作内容，它首次系统总结我国区域海洋学研究成果和最新进展，全面阐述了中国各海区的区域海洋学特征，充分体现了区域特色和学科完整性，是“908专项”的重大成果之一。

本书是全国各系统涉海科研院所和高等院校历时4年共同合作完成的成果，是我国海洋工作者集体智慧的结晶。为完成本书的编写，专门成立了以苏纪兰院士为主任委员的编写委员会，并按专业分工开展编写工作，先后有200余名专家学者参与了本书的编写，对中国各海区区域海洋学进行了多学科的综合研究和科学总结。

本书的特色之一是资料的翔实性和系统性，充分反映了中国区域海洋学的最新调查和研究成果。书中除尽可能反映“908专项”的调查和研究成果外，还总结了近40~50年来国内外学者在我国海区研究的成就，尤其是近10~20年来的最新成果，而且还应用了由最新海洋技术获得的资料所取得的研究成果，是迄今为止数据资料最为系统、翔实的一部有关中国区域海洋学研究的著作。

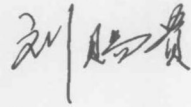
本书的另一个特色是学科内容齐全、区域覆盖面广，充分反映中国区域海洋学的特色和学科完整性。本书论述的内容不仅涉及传统专业，如海洋地貌学、海洋地质学、物理海洋学、化学海洋学、生物海洋学和渔业海洋学等专业，而且还涉及与国民经济息息相关的海洋环境生态学和海洋经济学等。研究的区域则包括了我国近海的各个海区，包括渤海、黄海、东海、南海及台湾以东海域。因此，本书也是反映我国目前各海区、各专业学科研究成果和学术水平的系统集成之作。

本书除研究中国各海区的区域海洋学特征和相关科学问题外，还结合各海区的区位、气候、资源、环境以及沿海地区经济、社会发展情况等，重点关注其海洋经济和社会可持续发展可能引发的资源和环境等问题，突出区域特色，可更好地发挥科技的支撑作用，服务于区域海洋经济和社会的发展，并为海洋资源的可持续利用和海洋环境保护、治理提供科学依据。因此，本书不仅在学术研究方面有一定的参

考价值，在我国海洋经济发展、海洋管理和海洋权益维护等方面也具有重要应用价值。

作为一名海洋工作者，我愿意向大家推荐本书，同时也对负责本书编委会的主任苏纪兰院士、副主任乔方利、各位编委以及参与本项工作的全体科研工作者表示衷心的感谢。

国家海洋局局长



2012年1月9日于北京

编者的话

“我国近海海洋综合调查与评价专项”（简称“908专项”）于2003年9月获国务院批准立项，由国家海洋局组织实施。《中国区域海洋学》专著是2007年8月由“908专项”办公室下达的研究任务，属专项中近海环境与资源综合评价内容。目的是在以往调查和研究工作基础上，结合“908专项”获取的最新资料和研究成果，较为系统地总结中国海海洋地貌学、海洋地质学、物理海洋学、化学海洋学、生物海洋学、渔业海洋学、海洋环境生态学及海洋经济学的基本特征和变化规律，逐步提升对中国海区域海洋特征的科学认识。

《中国区域海洋学》专著编写工作由国家海洋局第二海洋研究所苏纪兰院士和国家海洋局第一海洋研究所乔方利研究员负责组织实施，并成立了以苏纪兰院士为主任委员的编写委员会对学术进行把关。《中国区域海洋学》包含八个分册，各分册任务分工如下：《海洋地貌学》分册由南京大学王颖院士和国家海洋局第二海洋研究所谢钦春研究员负责；《海洋地质学》分册由国家海洋局第二海洋研究所李家彪研究员和国家海洋局第一海洋研究所刘保华研究员（后调入国家深海保障基地）、郑彦鹏研究员负责；《物理海洋学》分册由国家海洋局第一海洋研究所乔方利研究员和中国科学院南海海洋研究所甘子钧研究员、王东晓研究员负责；《化学海洋学》分册由厦门大学洪华生教授和国家海洋局第一海洋研究所王保栋研究员负责；《生物海洋学》分册由中国科学院海洋研究所孙松研究员和国家海洋局第二海洋研究所宁修仁研究员负责；《渔业海洋学》分册由中国水产科学研究院黄海水产研究所唐启升院士和中国水产科学研究院南海水产研究所贾晓平研究员负责；《海洋环境生态学》分册由中国海洋大学李永祺教授和中国科学院海洋研究所邹景忠研究员负责；《海洋经济学》分册由国家海洋局海洋发展战略研究所刘容子研究员和山东海洋经济研究所孙吉亭研究员负责。本专著在编写过程中，组织了全国200余位活跃在海洋科研领域的专家学者集体编写。

八个分册核心内容包括：海洋地貌学主要介绍中国四海一洋海疆与毗邻区的海岸、岛屿与海底地貌特征、沉积结构以及发育演变趋势；海洋地质学主要介绍泥沙输运、表层沉积、浅层结构、沉积盆地、地质构造、地壳结构、地球动力过程以及海底矿产资源的分布特征和演化规

律；物理海洋学主要介绍海区气候和天气、水团、海洋环流、潮汐以及海浪要素的分布特征及变化规律；化学海洋学主要介绍基本化学要素、主要生源要素和污染物的基本特征、分布变化规律及其生物地球化学循环；生物海洋学主要介绍微生物、浮游植物、浮游动物、底栖生物的种类组成、丰度与生物量分布特征，能流和物质循环、初级和次级生产力；渔业海洋学主要介绍渔业资源分布特征、季节变化与移动规律、栖息环境及其变化、渔场分布及其形成规律、种群数量变动、大海洋生态系与资源管理；海洋环境生态学主要介绍人类活动和海洋环境污染对海洋生物及生态系统的影响、海洋生物多样性及其保护、海洋生态监测及生态修复；海洋经济学主要介绍产业经济、区域经济、专属经济区与大陆资源开发、海洋生态经济以及海洋发展规划和战略。

本专著在编写过程中，力图吸纳近 50 年来国内外学者在本海区研究的成果，尤其是近 20 年来的最新进展。所应用的主要资料和研究成果包括公开出版或发行的论文、专著和图集等；一些重大勘测研究专项（含国际合作项目）成果；国家、地方政府和主管行政机构发布的统计公报、年鉴等；特别是结合了“908 专项”的最新调查资料和研究成果。在编写过程中，强调以实际调查资料为主，采用资料分析方法，给出区域海洋学现象的客观描述，同时结合数值模式和理论模型，尽可能地给出机制分析；另外，本专著尽可能客观描述不同的学术观点，指出其异同；作为区域海洋学内容，尽量避免高深的数学推导，侧重阐明数学表达的物理本质和在海洋学上的应用及其意义。

本专著在编写过程中尽量结合最新调查资料和研究成果，但由于本专著与“908 专项”其他项目几乎同步进行，专项的研究成果还未能充分地吸纳进来。同时，这是我国区域海洋学的第一套系列专著，编写过程又涉及到众多海洋专家，分属不同专业，前后可能出现不尽一致的表述，甚至谬误在所难免，恳请读者批评指正。

《中国区域海洋学》编委会

2011 年 10 月 25 日

前言

生物海洋学 (biological oceanography) 是海洋学研究的一个重要组成部分, 是海洋学研究的核心内容之一, 与物理海洋学、化学海洋学共同组成海洋学研究的主体。三者之间相互联系、相互交叉。生物海洋学主要研究海洋中的生物是如何随着海洋环境的改变而变化的、海洋中的各种生命活动又是如何对海洋环境产生影响的。

生物海洋学的研究范围非常广泛, 从微生物到鲸鱼、从浅海到深海、从近岸到大洋, 既包含海洋生物多样性的研究, 也包含海洋生物生产过程以及生物地球化学循环的研究。在研究尺度上, 从微观尺度可以达到分子水平, 如光合作用、呼吸和生源要素的循环; 在宏观尺度上可以到全球海洋生态系统水平, 如全球气候变化对海洋生物分布格局、生物生产过程和生物多样性的影响等。

在研究方法上, 生物海洋学在很大程度上要开展多学科交叉研究, 需要多学科知识的交汇和积累, 作为一个生物海洋学家, 不仅要掌握生物学方面的知识, 还要了解物理海洋学、化学海洋学和海洋地质的相关知识。不仅要在实验室内进行模拟实验, 更重要的是要进行海上现场观测和取样以及现场实验, 以便能够真正了解和模拟生物在海洋中的种类组成、分布格局、生物生产过程以及它们受到哪些环境因素的调控等。对于很多通过观测无法解决的问题, 要借助于数学模拟的方法开展研究。

在研究手段上, 借助各种先进的实验和观测手段开展研究, 包括光学、声学、分子生物学、卫星遥感以及固定式、漂浮式和拖曳式海洋生物与环境综合观测系统, 通过这些先进的手段获取海洋生物时空变化方面的信息, 也采用深潜器等对深海生命、海底热液系统的生物进行观测与研究、与物理海洋学和化学海洋学相比, 生物海洋学在自动观测方面的手段相对缺乏, 很多的研究是基于科学考察船的综合观测。

生物海洋学与海洋生物学和海洋生态学两个传统学科之间既有交叉, 又有区别。海洋生物学传统上主要是海洋生物个体水平上的研究, 重点强调的是生物学的问题, 包括海洋生物分类、行为、生理和其他方面的生物学问题。与此相对应, 生物海洋学强调的是将海洋与生命作为一个系统来进行研究的。海洋生态学属于生态学的一个分支, 研究生物与环境之间的关系, 研究范围比较具体, 主要是从生物学的角度, 研究个体、种群和群落水平上生物与环境之间的相互关系和相互作用, 或者是对不同类型的生态系统开展研究。海洋生态学也可以根据不同的生物类群进行划分为渔业生态学、藻类生态学、微生物生态学、浮游生物生态学、底栖生物生态学等。而生物海洋学则研究海洋中的一切生命

形式、生命活动以及与海洋环境之间的相互作用关系。所以说生物海洋学不仅涵盖了海洋生物学和海洋生态学的相关研究内容，而且还有很多的拓展和延伸，如全球气候变化对海洋生物多样性的影响、海洋生物在碳等生源要素循环中的作用、海洋酸化对海洋生态系统的影响、海洋中溶解氧变化对海洋生态系统演变的影响、海洋生物与海洋富营养化、海洋生态系统演变与生态灾害、人类活动对海洋生态系统的影响，以及海洋极端环境中的生命过程与深部生物圈等。

海洋是地球生命系统的发源地，生物多样性丰富。根据全球海洋生物普查计划（Census of Marine Life, CoML）为期10年的最新研究结果：地球上共有870多万种真核生物，其中有220万种（误差18万种）生活在海洋中，约占全球生物种类的1/4，超过91%的海洋生物还没有被发现、鉴定和分类。这还仅是对目前海洋生物多样性现状的认识，而海洋以及海洋中的生物一直处于变化之中，我们更加关注海洋生物是如何变化的，未来的海洋中会有哪些生物存在，哪些生物会消失，海洋生物的这些变化对整个海洋生态系统的结构与功能、海洋生物资源、对人类的生存与发展会产生什么后果。因此，海洋生物多样性的变化要放到整个海洋系统中进行探索和研究，弄清是哪些海洋过程导致了海洋生物多样性的改变，以及这些改变对海洋系统的反馈，海洋生物多样性的研究是未来生物海洋学研究的核心研究内容之一。如果说“全球海洋生物普查计划（CoML）”经过10年的努力绘制了一幅全球海洋生物多样性蓝图，那么我们未来的方向应该是绘制处于变化中的海洋生物多样性的动画片或者电影，以便对海洋生物多样性的变动规律和趋势有所了解。因此，当前国际海洋生物多样性研究更趋于生物海洋学范畴，目标是研究处于“变化中的海洋里的海洋生物（Life in a Changing Ocean）”。核心科学内容包括：①生物多样性与生态系统的服务功能；②海洋生物多样性在全球海洋中的分布格局与时空变化；③海洋生物多样性观测；④海洋生物多样与海洋的可持续利用。

海洋生态系统中最关键的过程是能量转换和生物地球化学循环，也是当前生物海洋学研究的另一个重要内容。能量的转换是一个开放系统，而物质的传递是封闭系统。海洋中的藻类和光合细菌等通过光合作用合成有机物，然后沿食物链进行传递。海洋光合作用的效率、能量和物质在食物网中的传递和转移的效率等取决于生态系统中的生物组成和一系列的环境条件，如温度、盐度和营养盐等。不同的生物类群在生态系统中的作用和地位是不同的，在生态系统中的作用和地位相同或相近的生物类群可以归结为一个类群，称其为功能群。将生态系统中的生物划分为不同的功能群，将会大大简化对生态系统结构的理解，从而使研究重点不再局限于某个种类的变化，而是整个功能群的变化。在气候变化和人类活动多重压力下，海洋环境发生变化，这些变化引起生物功能群的变化，进而又会对环境产生影响。例如，在一些区域甲藻的数量相对于硅藻来说增加的幅度比较大，由甲藻形成的赤潮明显增多。甲藻和

硅藻数量上的变化对生态系统的结构和功能会产生很大影响,虽然对导致这种变化的原因有待于进行更加深入的研究,这涉及海洋富营养化、全球气候变化、近海陆架与大洋水交换、低氧区的形成和生态灾害以及生态系统演变等一系列的问题,但是这种生物功能群的变化却直接影响生态系统各组分之间正常的物质循环和能量传递功能,其引起的次生灾害会进一步导致环境改变。未来的研究重点将集中在温度变化、海洋酸化、富营养化、海洋低氧区的形成、鱼类等顶级捕食者的减少等相互叠加作用后的海洋生物功能群改变与生物地球化学循环研究。

我国目前的生物海洋学研究主要还处于海洋生态学的范围,重点围绕海洋生物的种类组成和数量变化,包括初级生产力、浮游植物的种类组成、分布格局和数量变化、浮游动物的种类组成、分布格局和数量变化以及底栖生物的种类组成和数量变化,并且根据现有资料对渤海、黄海、东海和南海的情况进行了初步分析。近年来通过一些海洋多学科综合研究计划的实施,我国近海生态系统研究逐渐向过程与机理研究推进。例如,加深了对黄海冷水团和黄海暖流等物理过程的生物海洋学意义的认识,黄海冷水团是很多海洋生物的度夏场所,其变化将直接影响到黄海生态系统的改变;发现台湾暖流和黑潮东海分支的变动与东海春夏季大规模藻华发生存在一定的内在联系;南黄海,特别是苏北浅滩附近,由于与长江口相邻,在很多物理环境、化学环境和生物环境是一种相互作用的关系,一些生态灾害的发生取决于这些关键过程的相互作用,其海洋环境变化会导致整个黄海生态系统健康状况的改变。这些卓有成效的研究工作极大推动了我国近海生物海洋学的发展。

该书所用的资料一部分来自“我国近海海洋环境综合调查与评价专项”的成果,更多的是历史资料的搜集、汇总和整理,从叶绿素 a 和初级生产力、微生物、浮游植物、浮游动物以及底栖生物等方面总结了我国近海生物海洋学特点,并对一些特定生境的生物海洋学特征进行了概述。

另外,海洋生物的生物、化学过程、生活史策略以及它们相互之间的营养关系与其个体大小密切相关。随着研究技术的发展,微型海洋生物在海洋生态系统中的功能作用也逐渐被人们认识和关注。因此,本书一些章节按生物个体大小分粒级对其生物海洋学特征进行了总结。其中浮游植物部分,粒级划分标准为小型(micro-): $20 \sim 200 \mu\text{m}$;微型(nano-): $2 \sim 20 \mu\text{m}$;微微型(pico-): $0.2 \sim 2 \mu\text{m}$ 。并单独列出了“微微型光合浮游生物”相关研究成果。在浮游动物部分,补充了“微型浮游动物”相关内容。本书中的微型浮游动物是按照 Beers 和 Stewart (1967) 定义的体长小于 $200 \mu\text{m}$ 的浮游动物,重要类群包括纤毛虫和异养鞭毛虫,其他的丰度较小的类群有放射虫、阿米巴、有孔虫和后动物幼体。除特定说明外,本书中“浮游动物”泛指体长大于 $200 \mu\text{m}$ 的浮游动物。

再者,由于海洋生物斑块分布的特性、海洋环境的不稳定性、海洋

生物生产过程的作用等,使得海洋生物取样方法和分析方法的标准化、数据同化、不同取样方法之间的标定和换算等面临许多难题。因此在使用历史资料的时候需要进行长时间序列、相对大范围的考察资料进行综合分析,消除和避免根据某个航次和取样时间、以点带面看问题的做法,否则会得出错误性的结论。因此在根据本书资料进行综合分析时,请特别注意研究方法、取样工具、取样时间、取样频率和研究范围以及相应的环境条件等各个方面的问题,进行综合分析和判断。

参加本书编写人员涉及中国科学院海洋研究所、中国科学院南海海洋研究所、国家海洋局第二海洋研究所、第三海洋研究所和厦门大学、天津科技大学、中国水产科学研究院东海水产研究所等7个单位的20余名专家学者。中国科学院海洋研究所陶振铨博士、金鑫硕士、时永强、孙永坤、冯颂同学等参加书稿校对。特邀请中国水产科学研究院东海水产研究所陈亚瞿研究员、国家海洋局第一海洋研究所朱明远研究员、中国科学院海洋研究所吴玉霖研究员审稿指导。在此,感谢大家的真诚合作。

作为生物海洋学的研究主体,海洋生态系统是一个复杂的系统,物理过程、化学过程和生物过程交织耦合,其动态变化受到全球气候变化和人类活动多重压力的影响。尽管现在的海洋监测技术、调查和研究能力得到很大发展,对生物海洋学的认识和研究水平不断提高,但是对于一些生态系统中的关键过程和规律依然缺乏足够的认识,对一些生态学现象难以进行解释,许多科学问题尚需要进一步深入研究,加之本书编写者的水平有限,收集的资料结果也不够全面,书中存在错漏在所难免,敬请有关专家和读者惠予指正!

孙松 李超伦

2011年3月31日于青岛

CONTENTS

目次

第1篇 渤海

第1章 渤海叶绿素和初级生产力	(3)
1.1 叶绿素 a	(3)
1.1.1 叶绿素 a 分布特征	(3)
1.1.2 叶绿素 a 季节变化	(7)
1.2 初级生产力	(8)
1.2.1 初级生产力分布特征	(8)
1.2.2 初级生产力季节变化	(10)
1.3 小结	(11)
第2章 渤海细菌和其他类群微生物	(12)
2.1 渤海细菌的种属组成	(12)
2.2 渤海细菌丰度和生物量分布及其时空变化	(14)
2.2.1 周年变化	(14)
2.2.2 季节及空间变化	(15)
2.3 渤海病毒丰度分布及其时空变化	(16)
2.3.1 周年变化	(17)
2.3.2 季节及空间变化	(17)
2.4 小结	(18)
第3章 渤海浮游植物	(19)
3.1 微型光合浮游生物主要类群的丰度与分布	(19)
3.1.1 微型浮游植物	(19)
3.1.2 聚球藻 (<i>Synechococcus</i> , <i>Syn</i>)	(19)
3.1.3 微型光合真核生物 (<i>Picoeukaryotes</i> , <i>Euk</i>)	(27)
3.2 渤海浮游植物种类组成、主要类群、丰度分布	(33)
3.2.1 物种组成及主要类群	(33)

- 3.2.2 空间分布 (35)
- 3.2.3 季节变化 (36)
- 3.2.4 年际变化 (37)
- 3.3 小结 (38)
- 第4章 渤海浮游动物** (39)
- 4.1 渤海微型浮游动物种类组成、丰度与生物量分布 (39)
- 4.1.1 浮游纤毛虫的丰度和生物量 (40)
- 4.1.2 莱州湾的微型浮游动物 (40)
- 4.1.3 微型浮游动物的摄食压力 (43)
- 4.2 渤海浮游动物种类组成、优势类群及其丰度和生物量分布
..... (43)
- 4.2.1 种类组成 (43)
- 4.2.2 群落结构 (44)
- 4.2.3 浮游动物生物量 (45)
- 4.2.4 主要优势类群和种类 (46)
- 4.2.5 浮游动物的摄食 (50)
- 4.3 小结 (52)
- 第5章 渤海底栖生物** (53)
- 5.1 大型底栖动物种类组成、群落结构、栖息密度与生物量分布
..... (53)
- 5.1.1 物种组成 (53)
- 5.1.2 生物量分布 (57)
- 5.1.3 栖息密度分布 (59)
- 5.1.4 群落结构分析 (61)
- 5.2 小型底栖生物种类组成、群落结构、栖息密度与生物量分布
..... (62)
- 5.2.1 类群组成与数量特征 (62)
- 5.2.2 空间分布 (62)
- 5.2.3 环境因子相关分析 (62)
- 5.2.4 底栖挠足类群落 (63)
- 5.3 小结 (63)
- 第6章 渤海特定生境的生物海洋学特征** (64)
- 6.1 黄河口区的生物海洋学特征 (64)
- 6.1.1 浮游植物 (64)
- 6.1.2 浮游动物 (66)
- 6.1.3 底栖生物 (67)
- 6.2 黄河口区生态系统的年际变化 (68)

6.3 黄河断流对海洋生态系统的影响	(69)
--------------------------	------

第2篇 黄 海

第7章 黄海叶绿素和初级生产力	(73)
7.1 叶绿素 a 浓度与时空分布	(73)
7.1.1 水平分布	(73)
7.1.2 垂直分布	(76)
7.1.3 季节变化	(81)
7.1.4 粒级结构	(82)
7.2 初级生产力时空分布	(86)
7.2.1 水平分布	(86)
7.2.2 季节变化	(87)
7.3 小结	(88)
第8章 黄海细菌和其他类群微生物	(89)
8.1 黄海细菌的种属组成	(89)
8.2 黄海细菌丰度和生物量分布及其时空变化	(90)
8.2.1 周年变化	(90)
8.2.2 季节及空间变化	(90)
8.3 黄海病毒丰度分布及其时空变化	(93)
8.3.1 周年变化	(93)
8.3.2 季节及空间变化	(93)
8.4 小结	(94)
第9章 黄海浮游植物	(96)
9.1 微微型光合浮游生物主要类别的丰度与分布	(96)
9.1.1 聚球藻 (<i>Synechococcus</i> , <i>Syn.</i>)	(96)
9.1.2 微微型光合真核生物 (<i>Picoeukaryotes</i> , <i>Euk.</i>)	(107)
9.2 微、小型浮游植物种类组成、主要类群、丰度分布	(115)
9.2.1 黄海的海洋浮游植物种类组成及优势种	(115)
9.2.2 空间分布	(117)
9.2.3 时间变化	(120)
9.3 基于光合色素的浮游植物类群组成	(123)
9.3.1 时空分布	(126)
9.3.2 季节变化	(130)
9.4 小结	(131)
第10章 黄海浮游动物	(133)
10.1 微型浮游动物种类组成、丰度与生物量分布	(133)
10.2 浮游动物种类组成、优势类群及其丰度和生物量分布	(136)

10.2.1	种类组成和生态类群	(136)
10.2.2	生物量和丰度	(138)
10.2.3	优势种和数量分布	(139)
10.2.4	浮游动物摄食	(142)
10.2.5	浮游动物繁殖	(143)
10.2.6	昼夜节律	(147)
10.2.7	死亡率	(147)
10.3	小结	(150)
第11章 黄海底栖动物		(151)
11.1	大型底栖动物种类组成、群落结构、栖息密度与生物量 分布	(151)
11.1.1	物种组成	(151)
11.1.2	生物量分布	(155)
11.1.3	栖息密度分布	(157)
11.1.4	群落结构分析	(158)
11.1.5	黄海典型海域分述	(159)
11.2	小型底栖生物种类组成、群落结构、栖息密度与生物量 分布	(166)
11.2.1	大面积调查	(166)
11.2.2	南黄海	(167)
11.2.3	胶州湾	(169)
11.3	小结	(170)
第12章 黄海特定生境的生物海洋学特征		(171)
12.1	黄海冷水团的环境特征	(172)
12.2	黄海冷水团的生态特征	(174)
12.3	种群水平的影响——以中华哲水蚤的度夏机制为例	(176)
12.3.1	中华哲水蚤成体、卵和无节幼体的垂直分布	(176)
12.3.2	高温伤害作用	(177)
12.3.3	冷水团对繁殖的影响	(179)
12.3.4	冷水团对分布的影响	(179)

第3篇 东海

第13章 东海叶绿素和初级生产力		(185)
13.1	叶绿素	(185)
13.1.1	分布特征	(185)
13.1.2	季节变化	(188)
13.2	初级生产力时空分布	(190)