



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 海洋生态学

(第三版)

沈国英 黄凌风 郭 丰 施并章◎编著



科学出版社  
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 海洋生态学

(第三版)

沈国英 黄凌风 编著  
郭 丰 施并章

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

全书包括三个部分,共 14 章。第一部分海洋生态学总论,以海洋生态系统生态学为中心,介绍海洋环境及生态因子对海洋生物的作用、海洋生态系统的生物组织(种群、群落)及其动态、初级生产力、能量流动和生物地化循环等内容。第二部分分别介绍浅海和深海各种生态系统类型的环境、生物组成特征以及相关的生态过程。第三部分介绍海洋面临的威胁及生物多样性保护、海洋管理的生态学基本原则和海洋保护的基本途径。

本书可作为高等院校海洋科学各有关专业本科生的基础课教材以及研究生的选修课教材,也可供从事海洋科学、水产科学和环境保护的科技工作者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

海洋生态学/沈国英等编著. —3 版. —北京:科学出版社,2010  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-03-026337-7

I. 海… II. 沈… III. 海洋生态学-高等学校-教材 IV. Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 242618 号

责任编辑:王国栋 单冉东 刘 晶 / 责任校对:钟 洋  
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

强生印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

1990 年 4 月第 一 版 厦门大学出版社

2002 年 1 月第 二 版 科学出版社

2010 年 1 月第 三 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 1 月第一次印刷 印张:23 1/2

印数:1—3 000 字数:626 000

定价:43.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 序

海洋是生物圈中最大的生态单位，占地球总面积的 2/3 以上，是全球生命支持系统的一个基本组成部分。海洋科学研究海洋中各种自然现象的过程及变化规律，是多学科交叉的综合性学科体系，在自然科学领域中占有非常重要的地位。海洋生态学研究海洋环境系统与生物系统相互联系、相互作用的各种生态过程，是海洋科学体系的重要组成部分。因此，海洋生态学与其他海洋分支学科之间的联系最为密切，同时它也是一门新兴且发展快速的前沿学科。

近十几年来，特别是在地球系统科学思想指导下，国际地圈生物圈计划（IGBP）中多个与海洋生态系统直接相关的全球变化核心研究计划（如 GLOBEC、IMBER 等）的实施，大大提高了人们对海洋及海洋中各种生态过程的认识，推动着海洋生态学的发展。现代海洋生态学研究的主流已由生物种群生态学向海洋生态系统生态学发展，研究海洋生态系统结构、功能、各种生态动力学过程及其相互作用。此外，工业化以来人类很多活动使海洋承受着巨大的生态压力，以生态学的原理来分析和对待海洋面临的威胁已逐渐成为人们的共识，也成为推动海洋生态学发展的动力。

沈国英教授等编著的《海洋生态学》（第三版）包括海洋生态学总论、海洋主要生态系统类型和海洋面临的威胁及生物多样性保护三部分内容。全书以生态系统生态学为主线，系统介绍了海洋生态学的基础知识和基本原理，不但突出反映了当代海洋生态学的研究方向和最新研究成果，而且以生态系统整体性思想分析海洋过度捕捞和养殖、海洋富营养化与近岸环境破坏以及全球变暖的生态效应，阐述生态系统水平的海洋保护与管理原则。全书编写指导思想正确，内容全面丰富，各章节编排结构合理、层次清晰，可以说为我国涉海高校及相关专业提供了一部优秀的本科生基础课教材，同时也为未曾系统研修该课程的研究生提供了一部不可或缺的参考书。该书也可供从事水域生态、资源管理以及环境保护的科技工作者参考。我相信该书的出版对促进我国高校海洋科学类的教材建设有积极意义。

中国科协副主席、中国工程院院士

唐启升

2009年10月

海洋生态学是海洋科学的重要组成部分。现代海洋生态学研究更加强调海洋物理、化学环境对海洋生物系统以至生物圈的作用,这种发展趋势反映了海洋科学本身就是各相关学科相互交叉的综合性学科体系。同时,海洋生态学又是一门应用性很强的学科,其理论在实践上的应用与人类的生活有非常密切的关系,因而也就成为一门发展很快的前沿学科。近20年来,我国与海洋科学有关的高等院校已陆续开设海洋生态学课程。

本书第二版(2002年)列入厦门大学新世纪教材大系由科学出版社出版,随后被纳入普通高等教育“十一五”国家级规划教材的出版计划。借此机会,编者对各章节的内容进行了必要的修订与补充。全书以生态系统生态学为中心,包括三个部分。第一部分为海洋生态学总论,介绍海洋环境与海洋生物生态类群以及主要生态因子对海洋生物的作用、海洋生态系统的生物组织(种群、群落)及其动态、海洋初级生产力、能量流动和生物地化循环等生态学基础知识。第二部分为海洋主要生态系统类型,分别介绍浅海和深海各类生态系统的环境、生物组成及包括生产力和能流等在内的相应的功能特征。第三部分为海洋面临的威胁及生物多样性保护,主要介绍全球变化背景下生物资源的过度利用和海洋污染、环境破坏的现状及其生态效应,以及保护海洋环境和生物多样性的意义和海洋生态系统管理的基本原则与途径。新版力求反映海洋科学的综合性学科性质以及生态学理论与应用密切联系的特点,在保持教材系统性的基础上重点增补现代海洋生态学研究的新进展。在应用生态学部分突出以生态系统的整体性来分析海洋面临的生态危机与海洋保护的原则。

本书编写具体分工如下:绪论由沈国英编写;第一部分(第一~八章)由沈国英、施并章(郭丰负责图表录入整理)编写;第二部分(第九~十一章)由郭丰编写;第三部分(第十二~十四章)由黄凌风编写。全书由沈国英统稿。

衷心感谢唐启升院士在百忙中审阅本书并欣然作序。

在本书编写过程中,国家海洋局第三海洋研究所黄宗国研究员和第二海洋研究所宁修仁研究员、中国海洋大学潘克厚教授、中国水产科学研究院黄海水产研究所庄志猛研究员和东海水产研究所徐兆礼研究员、集美大学张雅芝教授以及厦门大学海洋与环境学院丘书院教授、黄奕普教授、胡明辉教授和胡建宇教授给予热情的关心与帮助、惠赐资料或对初稿提出宝贵意见,编者谨致以衷心的感谢。在此还要感谢科学出版社高等教育出版中心为本书的出版给予的大力支持。

由于海洋生态学内容涉及海洋科学各相关学科的知识,而编者的业务水平有限,因此书中一定存在不少错漏之处,谨请各位专家和读者批评指正\*。

沈国英

2009年10月于厦门大学

\* 作者联系方式: huanglf@xmu.edu.cn 或 fguo@xmu.edu.cn

序	1
前言	
绪论	1
一、生态学的定义、研究对象和研究意义	1
二、现代海洋生态学的研究进展	4

## 第一部分 海洋生态学总论

<b>第一章 生态系统及其功能概论</b>	9
<b>第一节 生态系统的组成结构与功能</b>	9
一、什么叫生态系统	9
二、生态系统的基本组成成分	10
三、生态系统的营养结构和空间结构	11
四、生态系统能量流动和物质循环的基本过程	13
五、生态系统的自校稳态和生态平衡	16
<b>第二节 生物圈的形成与进化</b>	17
<b>第三节 生态系统服务</b>	21
一、生态系统服务的概念及其基本特征	21
二、生态系统服务的主要内容	21
<b>第二章 海洋环境与海洋生物生态类群</b>	26
<b>第一节 海洋环境</b>	26
一、海洋环境的基本特征	26
二、海水某些物理特性的生态学意义	26
三、海洋环境的主要分区	27
四、海洋沉积物	29
<b>第二节 海洋浮游生物</b>	31
一、浮游生物概述	31
二、浮游植物主要类别	32
三、浮游动物主要类别	34
四、漂浮生物	36
<b>第三节 游泳生物</b>	37
一、概述	37



二、游泳动物的主要类别	38
第四节 底栖生物	40
一、底栖生物的主要类别	40
二、根据底栖生物与底质关系划分的生态类群	43
三、根据个体大小划分的底栖类群	45
第三章 海洋主要生态因子及其对生物的作用	47
第一节 生态因子作用的一般规律	47
一、环境与生态因子	47
二、限制因子的原理	48
三、生物与环境的辩证关系	50
第二节 光照	50
一、光在海洋中的垂直分布和水平分布	50
二、海洋藻类光合色素对光谱中不同波长的吸收	52
三、光与海洋动物的分布和昼夜垂直移动现象	52
四、海洋生物的发光现象	53
第三节 温度	54
一、海洋水温分布	54
二、海洋生物对温度的耐受限度及海洋生物的地理分布	55
三、温度对新陈代谢和发育生长的影响	56
第四节 海流	57
一、海流的类型	57
二、大洋表层的风生环流	57
三、海流对海洋生物的作用	59
第五节 盐度	59
一、海水主要无机组分与盐度	59
二、盐度对海洋生物的影响	61
第六节 溶解气体	62
一、溶解氧 (O <sub>2</sub> )	62
二、二氧化碳 (CO <sub>2</sub> ) 和 pH	63
三、氮 (N <sub>2</sub> ) 和二甲基硫 (DMS)	64
第四章 生态系统中的生物种群与动态	66
第一节 种群的概念与种群统计学基本参数	66
一、种群的概念	66
二、种群密度与阿利氏规律	67
三、种群的年龄结构和性比	69
四、出生率和死亡率	69
五、种群增长率和世代时间	71
第二节 种群的数量变动与生态对策	72

一、种群增长的数学模型	72
二、自然种群的数量变动	75
三、种群的生殖对策	77
四、种群调节	79
第三节 种群的衰退与灭绝	80
一、种群的建立和种群的衰退与灭绝	80
二、导致种群灭绝的内在机制	81
三、灭绝旋涡	82
第四节 集合种群	83
一、集合种群的概念	83
二、集合种群动态的 Levins 模型	84
三、集合种群研究的应用意义	85
<b>第五章 生物群落的组成结构、种间关系和生态演替</b>	<b>88</b>
第一节 生物群落概述	88
一、生物群落的定义及特征	88
二、群落间种类组成相似性与边缘效应	89
三、群落中不同物种的作用	89
四、群落种类组成的季节动态	90
第二节 海洋生物群落中的种间关系	91
一、种间食物关系	91
二、种间竞争和生态位理论	93
三、种间共生关系	97
第三节 群落的物种多样性和稳定性	100
一、物种多样性与多样性指数	100
二、群落的物种多样性和群落的稳定性	102
三、影响群落组成结构形成的因素	103
第四节 群落的生态演替	107
一、生态演替及演替类型	107
二、海洋生物群落的演替	109
三、演替过程群落结构与机能的变化	112
<b>第六章 海洋初级生产力</b>	<b>116</b>
第一节 海洋初级生产的基本过程和生产力的有关概念	116
一、初级生产过程的基本化学反应——光合作用	116
二、生产力的有关概念	116
三、海洋初级生产力的测定	118
第二节 影响海洋初级生产力的因素	119
一、光	120
二、营养盐	121



三、物理海洋学过程对初级生产力的控制 .....	124
四、牧食作用 .....	125
第三节 海洋初级生产力的分布和总量估计 .....	127
一、热带、亚热带大洋区和赤道带 .....	128
二、温带(亚极区)海洋 .....	129
三、极地海区 .....	131
四、沿岸区 .....	132
五、大型底栖植物生产力 .....	134
六、海洋初级生产力总量估计 .....	134
第四节 海洋新生产力 .....	136
一、新生产力的概念和研究方法 .....	136
二、海洋新生产力的估计 .....	138
三、新生产力与营养盐供应特征的关系 .....	140
四、新生产力水平与浮游生物的粒径组成及营养循环特征的关系 .....	142
五、新生产力的研究意义 .....	143
<b>第七章 海洋食物网与能流分析</b> .....	147
第一节 海洋经典食物链和微型生物食物网 .....	147
一、海洋经典食物链 .....	147
二、微型生物食物环(网) .....	149
三、微食物网中各类生物的生物量与生产力 .....	151
四、微食物网在海洋生态系统能流、物流中的重要作用 .....	152
第二节 海洋简化食物网及营养结构的上行、下行控制 .....	154
一、简化食物网及营养物种 .....	154
二、食物网的上行控制和下行控制 .....	156
三、营养层次的测定 .....	158
四、粒径谱、生物量谱的概念及其在海洋生态系统能流研究中的应用 .....	159
第三节 消费者的能流分析与次级生产力 .....	161
一、消费者的能量收支模式与生态效率 .....	161
二、各类消费者的生物量与生产力 .....	163
三、动物种群产量的测定方法 .....	166
第四节 生态系统层次的能流分析 .....	168
一、英吉利海峡西部沿岸能流分析 .....	168
二、生态系统能流的 Ecopath 模型简介 .....	170
<b>第八章 海洋生态系统的分解作用与生物地化循环</b> .....	174
第一节 海洋生态系统的分解作用 .....	174
一、有机物质的分解作用及其意义 .....	174
二、分解者类别及其在有机物分解过程中的作用 .....	176
第二节 海洋碳循环 .....	177

一、海水中的主要有机碳库及来源 .....	177
二、海洋水层碳的传递与转化 .....	178
三、沉积物中有机物质的分解 .....	181
四、有机物在海底的埋藏 .....	184
第三节 全球碳循环的汇、源与海洋生物泵的作用 .....	184
一、全球碳循环的汇与源 .....	184
二、海洋生物泵对大气碳的净吸收作用 .....	186
三、关于提高海洋生物泵效率和缓解温室效应的讨论 .....	187
第四节 海洋氮循环 .....	188
一、海洋中氮的存在形态与分布 .....	188
二、海洋氮循环的基本过程 .....	189
三、固氮作用 .....	191
四、脱氮作用 .....	193
第五节 海洋磷循环 .....	194
一、海洋中磷的形态与转化 .....	195
二、磷的生物利用与再生 .....	196
三、海洋生态系统磷循环的源与汇 .....	198
四、海洋生态系统的磷限制 .....	200
第六节 海洋硫循环 .....	201
一、硫循环的基本过程 .....	201
二、海洋二甲基硫的产生过程及其与气候的关系 .....	202

## 第二部分 海洋主要生态系统类型

第九章 海岸带与浅海生态系统 (一) .....	207
第一节 海岸带概述 .....	207
一、海岸带与海岸湿地及其保护意义 .....	207
二、海岸带的环境特征和生物适应性 .....	209
第二节 河口和盐沼 .....	212
一、河口的类型及环境特征 .....	212
二、河口区的生物组成及其适应性 .....	215
三、河口区的生物多样性与能流特征 .....	216
四、盐沼 .....	217
第三节 岩岸潮间带和沙滩 .....	219
一、岩岸潮间带 .....	219
二、沙滩 .....	222
第四节 红树林沼泽 .....	225



一、什么是红树林	225
二、生境特征	225
三、红树植物对环境的适应机制	226
四、红树林种类的演替特点	227
五、红树林生物群落及生产力	228
六、保护红树林生态系统的重要意义	231
<b>第十章 海岸带与浅海生态系统 (二)</b>	<b>233</b>
<b>第一节 珊瑚礁</b>	<b>233</b>
一、珊瑚的构造	233
二、珊瑚礁的形成	233
三、珊瑚礁的分布及其生境特征	234
四、珊瑚礁的类型	235
五、珊瑚-藻类共生关系及其意义	236
六、珊瑚礁生物群落多样性	237
七、珊瑚礁的生产力与能流特点	238
<b>第二节 海藻场和海草场</b>	<b>239</b>
一、海藻场	239
二、海草场	241
<b>第三节 浅海—陆架区</b>	<b>245</b>
一、主要环境特征	245
二、生物群落的特点	247
三、底栖动物的摄食类型	249
四、生物量与生产力	250
<b>第四节 近岸上升流区</b>	<b>251</b>
一、上升流及上升流区生态特征概述	251
二、闽南—台湾浅滩渔场上升流	252
<b>第十一章 深海区、热液口区和极地海区</b>	<b>257</b>
<b>第一节 大洋区</b>	<b>257</b>
一、主要环境特征	257
二、深海动物对环境的适应机制	258
三、大洋区的生物组成	259
<b>第二节 深海底</b>	<b>261</b>
一、深海底地貌和沉积物	261
二、深海底的生物	262
三、深海底的物种多样性	263
四、深海底的食物供应	264
五、深海底栖动物的生物量和生产力	265
<b>第三节 热液口区</b>	<b>267</b>

一、海洋中的独特生态系统 .....	267
二、热液口的生物组成 .....	268
三、热液口生物群落的主要特征 .....	270
四、热液口生物对极端环境的独特适应机制 .....	271
五、热液口生物群落的空间结构与演替 .....	271
六、热液口生物的扩散 .....	271
七、浅水热液口和冷渗口 .....	272
八、热液口生态系统的研究意义 .....	272
<b>第四节 极地海区</b> .....	<b>273</b>
一、浮冰 .....	273
二、海冰中的生物 .....	275
三、海冰边缘区 .....	276
四、南极磷虾 .....	277
五、极地的底栖生物 .....	277
六、哺乳类和鸟类 .....	278
七、全球气候变化对极地海区的影响 .....	279

### 第三部分 海洋面临的威胁及生物多样性保护

<b>第十二章 过度捕捞与海水养殖问题</b> .....	<b>281</b>
<b>第一节 传统的渔业资源管理模式</b> .....	<b>281</b>
一、最大持续产量的原理 .....	281
二、持续产量模型 .....	282
三、动态库模型 .....	283
四、单物种渔业资源管理模式的局限性 .....	286
<b>第二节 过度捕捞</b> .....	<b>286</b>
一、过度捕捞的概念 .....	286
二、过度捕捞对渔业产量和渔获物组成的影响 .....	288
三、过度捕捞对海洋珍稀动物和群落优势种、关键种的损害 .....	289
四、兼捕及渔具、渔法对生物资源和海底生境的破坏 .....	290
五、过度捕捞导致海洋生态系统的结构、功能退化 .....	291
<b>第三节 海水养殖问题</b> .....	<b>293</b>
一、我国的海水养殖概况 .....	293
二、养殖水域的有机污染和富营养化 .....	294
三、养殖区的生境破坏或改变 .....	295
四、养殖对象逃逸、放流的潜在生态安全问题 .....	296
五、海水养殖带来的药物污染和由饵料引起的生态问题 .....	298



<b>第十三章 海洋污染、生境破坏与全球气候变化</b>	300
<b>第一节 海洋污染</b>	300
一、海洋污染和环境自净作用	300
二、近岸海洋的富营养化及其生态效应	303
三、有机污染物	307
四、其他污染	308
五、生物入侵	309
<b>第二节 近岸海洋生境破坏</b>	311
一、生境的概念与生境破坏的生态效应	311
二、人类活动对近岸海洋生境的破坏	312
<b>第三节 全球气候变化与温室效应</b>	316
一、全球气候变化	316
二、全球气候变化对近岸海洋环境的影响	317
三、全球气候变化的海洋生态效应	319
<b>第十四章 海洋生物多样性保护与生态系统管理</b>	324
<b>第一节 生物多样性的概念及其与人类的关系</b>	324
一、生物多样性的定义和内涵	324
二、海洋生物多样性与人类的关系	326
三、海洋生物多样性保护的紧迫性	329
<b>第二节 生态系统管理的原则与途径</b>	330
一、生态系统管理的概念与原则	330
二、生态系统方法及其应用	332
三、退化生态系统的恢复与恢复生态学	335
<b>第三节 海洋自然保护区</b>	337
一、海洋保护区与自然保护区的概念	337
二、我国海洋自然保护区的建设	338
三、建立海洋自然保护区的意义	339
四、海洋自然保护区的资源养护功能与溢出效应	339
五、海洋自然保护区在恢复退化生境和生态系统中的作用	341
六、海洋自然保护区网络	341
<b>第四节 大海洋生态系</b>	342
一、大海洋生态系的内涵	342
二、大海洋生态系的管理目标与实践	343
<b>参考文献</b>	346

## 一、生态学的定义、研究对象和研究意义

### (一) 定 义

生态学 (ecology) 一词是德国生物学家 Haeckel 于 1869 年首先提出来的。“ecology”来源于希腊文的两个词根 oikos 和 logos, 前者表示住所或栖息地, 后者表示学问, 因此生态学的一般定义是: 研究生物有机体与其栖息地环境之间相互关系的科学。

随着生态学的发展, 一些生态学家认为上述定义过于广泛并提出自己的看法。1945 年, 前苏联生态学家 Кашкаров 认为生态学研究生物的形态、生理和行为上的适应性。随后一些学者则强调生态学主要是研究种群动态的科学, 例如, 1954 年澳大利亚的 Andrewartha 给生态学下的定义是: 研究有机体的分布和多度的科学, 其中心是强调种群的动态, 反映了生态学的研究重心由研究生物的形态、生理和行为上的适应性转向研究种群动态的种群生态学。1971 年美国著名生态学家 Odum 认为, 由于生态学特别注意到生物群体的生物学以及在陆地、海洋和淡水中的功能过程, 应该把生态学定义为研究生态系统的结构与功能的科学。我国学者马世骏提出生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学, 强调必须把生物看成是有一定结构和调节功能的生命系统, 把环境看成是诸要素相互作用组成的一个环境系统。

应当指出, 过去生态学主要以生物为主来研究各种自然环境中的生态现象和规律, 很少涉及人类活动对自然界的影 响。但是, 第二次世界大战以后, 随着人口增长和生产活动增强, 对环境与资源造成极大的压力, 人类迫切需要以生态学原则来调整人与自然、资源及环境的关系, 必须使发展经济和保护环境协调和持续发展。因此, 更多学者认为现代生态学发展至今已不仅是生物科学中揭示生物与环境相互关系的一门分支学科, 而已经成为指导人类对自然的行为准则的一门学科。马世骏和王如松 (1984) 提出“社会—经济—自然复合生态系统”的概念, 反映了现代生态学研究的新观念。1992 年, 德国生态学家 Lieth 将生态学高度概括为“人类生存的科学”。我国自然科学基金委员会在 1997 年出版的《自然科学学科发展战略调研报告——生态学》一书中提出, 生态学可定义为: “研究生物生存条件、生物及其群体与环境相互作用的过程及其规律的科学; 其目的是指导人与生物圈 (即自然、资源与环境) 的协调发展。”

由此可见, 不同时期有关生态学定义的差别反映了生态学发展中不同阶段研究重点的不同。不过, “生态学是研究生物之间以及生物与其栖息环境之间相互关系的科学”这一经典定义仍被各种教科书所沿用。

### (二) 研究 对象

Odum (1971) 用组织层次 (levels of organization) 或称为“生物学谱” (biological spectrum) 的概念来表示生态学的研究对象 (图 0.1)。每个组织层次和其环境的相互作用 (物质和能量) 组成了其独有的功能系统。虽然多数生态学家认为生态学只涉及谱的右侧部分, 即个体以上的系统层次, 但是微观生态学方面的研究也已引起人们的高度重视。

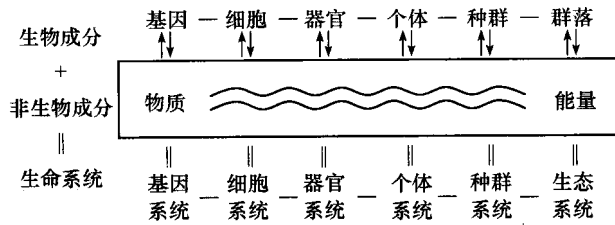


图 0.1 组织层次的谱 (仿 Odum, 1971)

### 1. 分子生态学 (molecular ecology)

以分子生物学方法 (主要是分子遗传标记检测) 研究分子进化、种群遗传、物种形成与进化等生态学效应与规律。这是生态学向微观方向发展的重要领域。

### 2. 个体生态学 (autecology)

以生物个体为研究对象, 探讨生物与环境之间的关系, 特别是生物体对环境的适应性及其机理。它可以通过控制条件下的实验研究, 检验生物体对各种环境因子的要求、耐受和适应范围。个体生态学的核心是生理生态学, 在现代生态学理论和应用实践中仍占有重要位置。

### 3. 种群生态学 (population ecology)

研究栖息于同一地区同种生物个体的集合体所具有的特性, 包括种群的年龄组成、性比、数量变动与调节等及其与环境的关系。研究种群生态学对保护和合理利用生物资源以及防治有害生物具有特别重要的意义。

### 4. 群落生态学 (community ecology)

群落生态学研究栖息于同一地域中所有种群集合体的组合特点、它们之间及其与环境之间的相互关系、群落的形成与发展等。群落生态学对保护自然环境和生物多样性有重要指导意义。

### 5. 生态系统生态学 (ecosystem ecology)

生态系统是生物群落与其栖息环境相互作用所构成的自然整体。生态系统生态学主要研究特定环境中的生物组成特征以及系统的能量流动、物质循环和稳态调节机制, 这是现代生态学的主流与核心。

以具有相互作用的生态系统的集合所组成的景观层次为研究对象的生态学称为景观生态学 (landscape ecology)。景观生态学的研究内容包括: 景观结构 (景观组成单位、空间关系及形成机制); 景观生态过程 (景观要素之间的相互联系方式与相互作用, 包括物流、能流等); 景观动态 (景观结构与生态过程随时间而变化的特点与规律); 景观资源的保护与管理。

### 6. 生物圈生态学 (biosphere ecology)

生物圈 (biosphere) 或称生态圈 (ecosphere) 是地球上全部生物及与之发生相互作用的物理环境的总和。其范围大体上包括大气圈的下层、岩石圈的上层以及整个水圈和土圈。地球上所有生命都在这个“薄层”里生活, 故称生物圈。当前生物圈生态主要研究生命必需元素和重要污染物在大气、海洋、陆地之间的生物地球化学循环, 海—气交换过程, 陆—海相互作用, 以及人类

活动对生物圈的影响及其在全球变化中的作用等,正在形成一门新兴的生物圈生态学或全球生态学(global ecology)。

Odum (1971) 指出,从互相依存、互相作用和生存的观点看,上述组织层次的“谱”不可能有明显的断裂,而且每个层次都有自己的特点。此外,下一个较低层次的知识只能部分地说明上一个层次的特性,但不能预测后者的所有特性。正如我们只知道氢和氧的性质却不能推测水的性质一样,不能从各个分离的种群知识来推测生态系统的特性。因此,我们既要研究森林(整体),又要研究树木(部分),Fiebleman把这个重要法则称为“整合层次的理论”(theory of integrative levels)。

生态学理论与资源、环境和人口等实际联系,产生了应用生态学(applied ecology),它是研究人对生物圈的破坏机理及自然资源合理利用原则的科学,也有人把它的内容扩大至“生态学中一切与人类实际利益有某种关系的各个方面”。应用生态学运用生态学理论成果,沿着生态学发展的轨迹进行,其焦点集中于以可持续发展的概念来对待人口、资源、环境问题,同时,应用生态学也是推动生态学理论与基础研究的动力。目前,应用生态学已发展成一些独立的生态学分支学科,诸如资源生态学(resource ecology)、污染生态学(pollution ecology)、农业生态学(agroecology)和渔业生态学(fishery ecology)等。

此外,生态学与其他学科相互渗透,形成一系列的边缘学科,如化学生态学(chemical ecology)、数学生态学(mathematical ecology)、经济生态学(economical ecology)等。这些交叉学科对推动生态学的发展具有重要意义。

### (三) 生态学的研究意义

20世纪60年代以来,生态学以前所未有的速度发展,这与迫切需要解决关系到人类生存的人口、资源、环境等严重问题有关。第二次世界大战以后,科学技术的进步和工业化生产的迅速发展,既给人类带来幸福与进步,同时也带来环境不断被破坏、资源日益衰竭的严重生态危机。有些问题已经是超越国界的全球性问题,包括与全球气候变化有关的温室效应、酸雨以及热带雨林的破坏、沙漠化的迅速扩展等。这些生态危机都是人类活动造成的。人类曾一度自诩为主宰地球的力量,但无数事实说明,如果不按生态规律办事,就不能逃脱作为其生存环境的地球的种种变化对人类本身前途的影响。从无数的教训中,人们开始认识到地球的环境是脆弱的,各种资源也不是取之不尽的,当环境被破坏、资源被过度利用以后是很难恢复的。正如恩格斯早就告诫的:“我们不要过分陶醉于我们对自然的胜利,对于每一次的胜利,自然界都报复了我们。每一次胜利在第一步都确实取得了我们预期的结果,但是在第二步和第三步都有了完全不同的出乎意料的影响,常常把第一个结果给取消了。”人们也逐渐认识到,必须依赖于生态学原理和方法才能使维护人类赖以生存的环境和持续利用各种资源成为可能。

从生态学的基本观点看,人类是自然界生物的一员而不是主人。人类只能依赖于自然提供的各种条件才能生存与发展。我们呼吸的空气、饮用的水和吃的食物,这些最基本的生存条件都是自然系统各种生态过程所提供的服务。此外,自然系统为人类服务的限度是不能超过其环境负载容量和资源持续更新的能力。人们应当根据自然生态系统的运转规律来指导人与自然有关的各种活动,才能持续获得自然生态过程给予人类生存的支持。例如,“循环经济”的概念就是一种以资源的高效利用和循环利用为核心,在生产过程中坚持原料低消耗、废物低排放,把经济活动组成一个“自然资源开发—物质生产消费—废物再生利用的反馈流程”,以便使经济活动对自然环境的影响降到尽可能小的程度。循环经济的概念符合自然生态系统的能量流动和物质循环的规律,强调社会经济与自然生态系统的和谐共生,使经济发展纳入了可持续性的轨道。

应当指出,解决人类面临的生态危机在科学上并不仅仅取决于生态学的发展,同时还需要其



他自然科学、社会科学的发展，特别是政府管理部门的决策。但是生态学起着核心的作用和具有特殊的意义，这是由生态学本身的性质所决定的。所以说，生态学是一门“**基础性强、研究范围广、学科间渗透面大、应用范围宽的正在蓬勃发展的前沿学科**”。

#### (四) 生态学的发展趋势与重点研究领域

随着人口增长和工农业生产的发展，全球出现越来越多的生态危机，人类活动已经达到可以影响生物圈生态平衡的程度。因此，现代生态学已不仅是通常意义上的研究生物与环境之间的关系，而是必须运用生态学原理，探讨人与环境的协调关系和对策，以达到可持续的生物圈的目的，这是现代生态学发展的明显趋势。

1991年，世界自然保护同盟、联合国环境规划署和世界野生生物基金会共同发表《保护地球：持续生存策略》，把可持续发展 (sustainable development) 定义为“**在生存与不超过维持生态系统承载力的情况下，改善人类的生活质量**”，指出“**发展不应以其他集团或后代为代价，也不应危及其他物种的生存**”。

美国生态学会于1991年发表了可持续的生物圈动议 (sustainable biosphere initiative) 的报告，提出以下三个方面是优先研究的领域：①**全球变化** (global change)，包括气候、大气、陆地和水域变化的生态学原因和后果；②**生物多样性** (biodiversity)，决定生物多样性的生态因素和保护生物多样性的意义，全球性和区域性变化对生物多样性的影响；③**可持续的生态系统** (sustainable ecosystem)，探讨可持续生态系统的生态学原理和策略以及受损生态系统的恢复与重建的原理和技术。以上三个优先研究领域实际上阐明了生态学优先发展的领域和当前急需解决的问题。

由于生态学面临一些亟待解决的全球性生态问题，因此，生态学的发展有围绕某一重大课题，组织全球性跨国联合研究的趋势。例如，1964年开始进行的“国际生物学计划” (International Biological Programme, IBP)，主要研究自然生态系统结构、功能和生产力。1972年由联合国教科文组织正式通过的“人与生物圈计划” (Man and the Biosphere Programme, MAB)，主要研究人类各种活动对生物圈各类生态系统的影响。1986年的“国际地圈生物圈计划” (International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)，目的在于了解控制整个地球生态系统的物理、化学和生物学作用过程。

## 二、现代海洋生态学的研究进展

自古以来，人类就因捕鱼、晒盐、航海等活动与海洋发生联系，逐步了解一些海洋生物组成与海洋环境的关系。但是，海洋生态学作为一门系统的学科历史较短。18世纪初，一些科学家开始进行零星的海洋调查。英国的 Forbs 用底拖网采集并观察底栖生物，提出海洋生物垂直分布的分带现象——潮间带 (littoral zone)、昆布带 (laminarian zone)、珊瑚藻带 (coralline algae zone) 以及深海珊瑚带 (deep sea coral zone)，他因此被称为海洋生态学的奠基人。以后西欧各海洋国家相继进行多次大范围的海洋生物调查。在各国派遣的海洋远征队中，最有代表性的是英国的“挑战者号” (Challenger) 于1872~1876年进行的调查。这次调查航程近130 000 km，涉及太平洋、大西洋和印度洋的主要部分，发现了大量新的种、属，初步分析了海洋生物与海洋环境的关系（主要是与生物分布有关的环境特征）。调查结果经过20年的整理，编写了50本《挑战者号远征队报告》。此外，生态学的一些概念、术语也陆续被提出来。例如，1887年 Hensen 首先使用了“浮游生物” (plankton) 一词，1891年德国的 Haeckel 首先提出“底栖生物” (benthos) 和“游泳生物” (nekton) 两个名词，这是迄今仍继续沿用的海洋生物三大生态类群。与此同时，一些滨海国家相继建立最早海洋研究机构，对学科初期的发展作出贡献。1859年出版的《欧洲海