

生态学研究系列专著 1

现代生态学透视

马世骏 主编

科学出版社

生态学研究系列专著 1

现代生态学透视

马世骏 主编

科学出版社

1990

内 容 简 介

近 20 年,生态学及其分支学科取得了世界瞩目的长足进步。本书较系统地总结了生态学的最新进展,尽可能全面地向读者介绍生态学各领域的研究内容及其前沿,展望了 90 年代乃至下一世纪生态学及各个分支学科的发展趋势,在中国首次完整地概括了生态学研究的全貌。该书对于生态学研究者、高等院校师生、广大从事生态学工作的人员,有重要的参考价值。

生态学研究系列专著 1 现代生态学透视

马世骏 主编

责任编辑 于拔 彭克里

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1990 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1990 年 8 月第一次印刷 印张: 20 3/4

印数: 平 1—1900

插页: 精 2

精 1—700

字数: 477 000

ISBN 7-03-001824-9/Q·261 (平)

ISBN 7-03-001825-7/Q·262 (精)

定 价: 平 装 15.10 元

布 脊 精 装 17.30 元

生态学研究系列专著

编辑委员会

主 编: 马世骏

编 委(以姓氏笔划为序):

马世骏 牛文元 邓述慧 王如松 冯宗炜

许国志 阳含熙 孙儒泳 江美球 陈昌笃

李文华 李国鼎 李典谟 李丕明 何善育

周纪纶 傅立勋 韩纯儒

主持单位: 中国科学院生态环境研究中心系统生态开放研究室

序

在本世纪 60—80 年代的二三十年中,生态学从一个生物学的分支学科发展为一门综合性科学,并为当代多方面的科学家和各国政治领袖与社会舆论所称道,这样的形势在自然科学中可以说是空前的。为什么会形成如此活跃的局面?我想不外乎下列三方面原因:

(1) 50 年代后半期以来,工业迅速发展,部分资源紧张,环境污染日趋严重,出现了全球性的五大社会问题,引起各国科学家、政治家、社会经济科学家的关切,寻求解决问题的途径。

(2) 系统科学、控制论等理论的广泛应用,以及电子计算机和痕量物质分析等技术的相应问世,开拓了科学家新的宇宙观,注意到整体、开放与动态,并为进行复杂系统结构功能的分析、模拟创造了条件。

(3) 青年人接受新事物、新思想较快,并具敏感的创造力。50 年代以来成长的青年生态学工作者,面对现代社会存在的几个重大问题,在探索解决问题的过程中,感到传统的生态学理论及手段,不能满足现代社会要求,需要创新,需要开拓。因而促进了新思维、新概念和新词汇的产生。

当前生态学发展在上述三者合力的作用下,宛如雨后春笋。从国内外发表的文章,我们可以看到,直接涉及生态学问题的,有大范围的全球变化对生态系统的影响,如 MAB、IGBP 等;有探索多种生态机制和物种化学通讯的分子水平研究,如化学生态学及遗传生态学;有基础性理论研究,如生物群落稳定性、生态演替与种群动态的理论模型;亦有直接与经济建设密切相关的系统生产力、城乡生态建设规划与生态工艺等。最后一个研究领域的突出特点,则又表现在生态学与社会科学、经济学、人文科学及工程学的结合,相继形成了经济生态学、社会生态学、信息生态学、资源生态学,以及现代的人类生态学。剖析这些新分支学科应运而生的背景,显然与由于“人与自然失调”而产生的五大社会问题有关,如果把“人与自然的”关系”作为一条红线,把上述宏观与微观、理论与应用等研究串连起来,包括数理生态学的大部分课题在内,即可发现大都是围绕如何协调人与自然的复杂关系、寻找全球持续发展途径的这一核心问题在探讨,亦可以说这是当代生态科学的一个主要特征。

整体、动态、开放、优化等思想的发展,使生态学工作者体验到传统的热力学定律、基于简单因果关系的线性表达式以及限于弄清生态过程物理本质的研究水平,已不能适应现代生态学,尤其是自然-社会-经济复合生态系统的需求,势必要探讨新的指标体系和新的定量表达方式,建立新的模型,因而促进了数、时、空、序在生态学中的深入研究。深入开展这方面的研究,不是生物学一家所能完成的,需要数学、物理学、化学、地理学、工程学、社会科学和技术科学工作者的合作,需要这些学科的相互渗透,这应是当代生态科学的另一特征。

关于生态学的研究系列专著编写计划,将作为一套书陆续出版,以反映上述当代生态

前 言

处于 20 世纪末叶的生态学,无论在理论体系的完备上,还是在方法论的创新上,都正酝酿着突破性的萌动。随着世界人口的增长,随着自然资源的“稀缺”,随着生产规模的扩大,人类向自然攫取的强度和速率与日俱增,这就使得相当多的有识之士向全世界发出惊呼:目前已经出现了危及人类自身生存的生态征兆!非理智的、不清醒的、无远见的人类活动,与生态学所阐明的原理和追求的目标,是背道而驰的。手中擎着一柄“双刃的剑”,可能满足于一时所“制造”的短期效益,但却同时为后代设下了不可饶恕的陷阱。现代生态学,恰好在历史时刻的这一瞬间,得到国际社会的普遍重视,不能不考虑一系列自然上的、经济上的、社会上的乃至心理上的背景。

生态学作为一门科学,从它诞生的那一天起,一直就与“人类社会”结下了不解之缘。如果说前期的生态学更多地显示了自然属性这一面的话,那么现代的生态学,则更加强烈地显示出它的社会属性这一面。贝塔朗菲所创立的系统思想以及维纳等人所倡导的系统工程理论,经过几十年的检验和丰富,已经日趋成熟,并且逐渐被多种学科奉为思考的准则。生态学亦不例外,当其由哲学语言代替了自然语言,当其由深层解析置换了表象描述,当其由二元分离复归到一元本体,当其由“被动追随”觉醒到“强烈参与”的时刻,也就是它的现代化进程开始起步的时刻。本书以现代生态学命名,正是在上述“界定”得以充分表征的基础上所作出的选择。

现代生态学的发轫,是 60 年代以来科学进展的必然。依据国内外一些生态学思想史研究者的结论,几乎一致认为生态学现代化进程产生的背景,既有社会需求的“动力牵引”,又有相邻学科发展的“感召效应”,更有生态学本身价值取向的“自我完善”。这些因素的共同作用,显然赋予生态学以“增幅共振”的效果,使其得以在较短的时间内,迅速步入“现代”的行列,涌现了如 E. P. Odum、马世骏等国际享誉的生态学家。用当代著名学者 D. Harvey (1969) 的见解:只有当“把一个意外的结果变成一个意料中的结果,把一个偶然的事件变成一个当然的事件”时,生态学才真正具有了现代化的品格。

到目前为止,生态学所拥有的全部理论和全部方法,无论是逻辑体系,抑或是实证体系,都还远远不能恰当地反映和解释它所面对的对象。这种窘迫的状况,一方面使我们深刻地感受到生态系统在结构功能上的复杂性和在时间序列上的多变性;另一方面也使得一切从事生态学研究的工作者,深自反省并感到肩负的责任。我们赞赏前人在生态学中创造的业绩,也不会忘记自己应当作出的努力,这样才能真正作到继承遗产,承上启下,泽被后代。因此,任何一个从事生态学研究的同仁,都无法回避这样的问题,那就是如何去把握机会,迎接挑战,促进生态学在健康思维下的突破。

在广阔的宇宙间,出现生命的几率是极小的。根据计算,它只有 $1/10^{200}$ — $1/10^{4000}$ 的可能性,至于从初级生命形式再进化到具有高度智能的人类,其“可能性”更要小得多,因为它要求一种更加严格、更加精巧、也更加狭窄的“生态要素组合”,而此种组合决非是

随处可见的。从这种意义上去认识,我们应当感谢人类的摇篮——地球;从这种高度上去理解,我们应当建立全球的生态意识。《现代生态学透视》一书,如能在这些方面起到一定的作用,则作者们的初衷定会获得丰厚的报偿。

现代生态学当然不能理解为只是一种语义学上的称谓,它包含着特定的背景、丰富的内涵和坚实的基础。综合国内外有影响的生态学家的观点,现代生态学无论在微观层次上,还是在宏观层次上,可以总结出七个基本的特征,作为有别于古典生态学与近代生态学的标识。它们是:以生态系统为中心;以时空耦合为主线;以人地关系为基础;以高效和谐为方向;以持续发展为对象;以生态工程为手段;以整体调控为目标。除此而外,它当然还包括了哲学观念上的更新、机制探索上的深化以及生态公理化的统一基础的寻求。可以毫不犹豫地讲:“生态建设”观念普及之日,就是现代生态学获得成功之时。

为了推进现代生态学的发展,从1987年开始,中国科学院生态环境研究中心系统生态开放研究室依照马世骏教授、王如松主任的设计,定期召集各个专题的学术研讨会,吸引了不同层次、不同类型的国内外专家学者,就现代生态学的各个方面,开展了生动活泼和卓有成效的讨论。其中,一些青年生态学工作者,尤其是攻读学位的博士生和硕士生,更显示出思想活跃、勇于创新、见解精当、极富进取的精神,为我国生态学的学科建设,作出了不可忽视的贡献。在此基础上,我们依照规划的轮廓,组织专人编写,并特邀国内生态学有关领域的一些权威性作者撰稿,还用极少篇幅收入了已发表过的重要文章,所有这些共同形成了本书的雏形。而后几经删改,数易其稿,终至完成。

《现代生态学透视》一书,是整个生态学研究系列专著中的第一册,它的出版是一个信号:标志着中国生态学开始成熟并具备了向深层开拓的能力。我们诚挚地吁请海内外生态学家,用你们睿智的头脑和勤奋的双手,关注中国生态学的建设,加速中国生态学现代化的进程。

本书在马世骏教授的倡导下,由牛文元负责构思全书的总体设计,并且拟定了撰写内容,进行了论文的编选和校阅。李欣、王家骏、刘宗超、赵景柱等同志,对于本书的定稿及一些具体工作,付出了极大的劳动。中国科学院生态环境研究中心系统生态开放研究室,提供了全部的经费资助,并且将本书的出版纳入到工作计划之内。

我们殷切希望更多的生态学家,尤其是青年生态学家,对本书提出批评和建议,并期待在争鸣的气氛中获得收益和慰藉。

牛文元

1989.8. 北京

目 录

序	马世骏	iii
前言	牛文元	v

第一篇 总 论

第一章 展望 90 年代的生态学	马世骏	1
第二章 生态科学概论	高拯民	5
第三章 生态系统基础	牛文元	11
第四章 系统生态学——回顾与思考	王如松	28

第二篇 生态学理论进展

第五章 边际效应与边际生态学	马世骏	43
第六章 生态环境脆弱带 (ECOTONE) 的基础判定	牛文元	46
第七章 生态系统稳定性	周集中 马世骏	54
第八章 扩展的生态位理论	刘建国 马世骏	72
第九章 生态演替过程分析	田汉勤 齐 晔	90
第十章 岛生物地理原理及生态保护	牛文元	101
第十一章 生态热力学基础	管廷全 刘宗超	109
第十二章 生态协同学基础	刘宗超 管廷全	118
第十三章 生态系统控制论基础	曹明奎	127

第三篇 生态学各论

第十四章 森林生态学	蒋有绪	135
第十五章 草地生态学	李 博	142
第十六章 农业生态学	闻大中	154
第十七章 湿地生态学	徐 琪	165
第十八章 昆虫生态学	王智翔	173
第十九章 城市生态学	王如松	183
第二十章 景观生态学	景贵和	194
第二十一章 数学生态学	翟连荣	202
第二十二章 进化生态学	王智翔	214
第二十三章 行为生态学	尚玉昌	224
第二十四章 人类生态学	齐 晔	236
第二十五章 植物他感作用研究——化学生态学的重要领域	祝心如	244

第一篇 总论

第一章 展望 90 年代的生态学

马世骏*

自然科学的发展历程,从认识自然进而成为促进社会发展的一支力量,通常经过两个阶段,即试验阶段及社会承认与社会需要的阶段,当代生态学的发展历程亦属如此。生态学原则被有目的地应用到生产实践,起始于本世纪 40 年代,如野生动物的狩猎与管理,仅局限于动物种群生态学个别规律的应用。60 年代环境问题突出后,涉及工业污染、热带森林破坏、水土流失与土地沙化,继之而来的则是粮食、人口、自然资源的压力,直接冲击了社会经济发展和人类的生活。1987 年秋季的联合国 42 届大会,确认了《我们共同的未来》的观点——世界经济的持续发展 (sustainable development),生态学的基本原则被看成是经济持续发展的理论基础。为联合国组织及各国政府所接受,并主动地或被迫地开展了不同程度的应用。80 年代后期,国际间出现了和平趋势。可以设想在局势相对稳定的 90 年代,科技进步、工业经济发展构成的资源竞争、工业污染以及局部地区生态环境的破坏,将进一步激化。发展中国家的人口膨胀,势必加深此种激化程度。因此,经济发展、资源利用与环境保护相互作用所构成的矛盾,成为当代科学家寻求解决的焦点,亦是当代和今后生态学家面临的主要挑战。

如上所述,问题涉及的范围,大致包括 3 个层次,例如:大气酸化、温室效应以及臭氧层的变薄,影响到局部气候变化,进而危害农业生产和生态系统的正常功能,以及已受到损害和即将受到损害的生态系统的再造与恢复;不同受害程度云杉光合作用电子传递链的研究,低浓度有害气体的叶片或针叶计算机模拟;能源开辟、再生资源恢复与增产,除了涉及一系列工艺性的技术问题外,生态学能否对此提出保护性的措施及有效对策,生态学工作者必须对此作出答复;由于人类活动范围的日益扩大,使自然形成的物质大循环和能量交换受到干扰,这不仅影响到生物圈及生态系统正常的物质循环代谢,亦为人类进一步开发海洋资源增加了复杂程度,这就必须研究水陆界面的交换,海气、水气以及地、气之间

* 作者单位:中国科学院生态环境研究中心。

的交换等机理,其中包含着物理、化学及生物学的作用过程,这类研究被称为生态圈的功能研究。

对异常气候和其他自然灾害的预警,是我们防患未然的必须重视的宏观课题,亦是70年代后期以来,许多国际组织及政府关切的科研工作之一。进行此项研究固然可以通过模型、模拟技术取得瞻望性的资料,但如何进行验证和如何应用以往长时期的实际记录,借此寻求历史性的变化规律,以增加可信赖性。近年来,历史观点、进化观点,普遍受到重视,地质时期变化,长时期气候的演变,古树年轮分析、古生物学、古生态学 and 古地理学等的材料,通过大量的和微量的分析,对此作出了贡献。

经济问题直接关系社会的发展和人类生活的改善。工业发展、资源利用和环境整治与保护,无一不涉及经济问题。对某个国家评价,以及对工农业建设的优劣,经济效益亦是常用的指标之一。在生态系统研究中,分析结构与功能的优劣,则把物质、能量在层次间的转化率高,以及空间生态位利用比例作为区分的指标,从而促进了经济生态学这个交叉学科的发展,亦为进化生态学增添了新内容。

上述趋势反映了当代生态学流行的几个观点:

- (1) 包括层次结构与共生、互生等复杂生态关系的整体观点;
- (2) 体现进化、交替、协调、重建等物理、化学、生物共同组成作用过程的动态观点;
- (3) 经济、生态、社会、科技相结合的综合效益观点(即生态经济学观点);
- (4) 反映了定量化、模型化和工程化趋势。

从50年代算起,40年来的生态学研究,大致可分为3个阶段,60年代的“国际生物学规划”(IBP);70年代的“人与生物圈规划”(MAB);80年代开始的“国际地圈与生物圈规划”(IGBP),可以代表此三阶段的主要趋势。

IBP以自然生态系统的物流、能流为主要对象;MAB强调了人类活动对自然生态系统及生物圈的作用;80年代初期提出的“只有一个地球”的概念,加深了人与自然界相互关系的认识,人类活动已影响整个地球的表层,包括生物圈、大气圈、地圈及水圈,威胁到支持人类生存的自然系统,因而协调人与自然的关系以改善人类的生存环境,成为90年代生态学研究的重要动向,可以设想随着物质分析方法及模拟技术的提高,揭露地、气、水、生物之间的物质、能量关系及其作用过程,并进而寻求协调人类与自然关系的有效途径已成为可能,亦为人类塑造第二生物圈的设想提供了理论依据,从近年一些国际科学组织提出的重点研究课题,可以窥视今后生态科学的这一动向。

环境问题已明显地从污染物对生物的一般损伤,向损伤机理、元素动态及生理生化作用过程探索,如环境生命元素对动、植物DNA损伤与修补作用,人工放射性核素的生物地球化学循环通道;小流域的生物地球化学代谢;涉及物质运动、输送、转化,能量与物质的累积以及它们穿越的界面,包括气、土、水与其中生物群的相互作用,而人类构成的影响,又增加了代谢过程的复杂性。

以宿主为重心,内环境为对象,从细胞水平和分子水平研究人类、动物、植物与其正常微生物群相互关系的“微生态学”,结合外环境致病机理研究、探讨微生物量变与定位转移以及生态流过程所形成的平衡或失调,近年已受到医学家及微生物学家的重视。

化肥是增加农业单位面积产量的主要投入物质,过量施用亦已出现损伤土壤活力的现象,尤其是P肥投进的作用,引起较多的注意。国际上设有P的专业研究所,美国设有

研究 P 的基金, VNEP 自 1988 年起亦列为重要资助项目。P 在陆地及水域生态系统的循环,以及与其他元素,如 C、N、S 等在生物地球化学循环关系,影响到施用 P 对环境的影响,此项研究在南亚及西南亚格外受到重视。

在土壤边界层的水热交换、非均质土壤中的水热传递过程以及土壤-大气边界上水分与能量的交换过程等研究基础上,建立的早作耕层蓄熵保土性能的数学模型,已是农学家,尤其是研究土壤的生态学家必须掌握的基本资料。

防止自然生态系统萎缩和恢复受损伤的生态系统,是受到各国关注的工作,这项工作只有在我们较深入地了解生物生态学恢复作用过程基础上方有可能。生物学的多样性及其生态系统的功能规律,则是当前研究的理论问题之一,它的意义还在于可作为制订保护生态系统的管理方法以及重建和设计生态系统的依据。

人类活动已在大范围地改变着自然环境,形成许多交错带和隔离带,使原来的景观界面发生变化。群落交错带或半隔离带可以起到半渗透界面控制能量、物质、信息跨过景观的作用,亦具有物种生境补缺及原始生境的作用,因而受到生态能量学家及群落生态学家的重视。开展交错群落或半隔离带对生物多样性及生态流的影响,探索它们对星球景观的影响,寻找对变化环境中交错带的管理。研究内容通常包括不同有机体的层次,例如生态系统的边界如何影响生物的多样性以及生物群体的能量、物质及信息的流动、生物多样性和生态流又将如何由于交错带的存在,反应环境变化,特别是对于全球气候、海平面、土地利用以及大气微量气体的影响,人类对交错带的改变,扩大到何种范围(广度),方产生全球变量的反应。此种在生态系统中增加异源性(heterogeneity)研究,属变化环境的交错带理论及景观界面的研究范畴。

生物的逆境耐性研究,直接关系农作物的稳定性及其生产力,因此,农作物耐性机理,可能给予的效益,引起农业生态学家兴趣,认为通过抗逆性研究,对提高农作物生产力尚有较大的余地,例如环境的逆境影响,限制着美国农业生产潜力的 25%。研究结果表明环境和生物因素的复合结构,影响农作物分布,植物经受的最高温和最低温多半是在表土附近,因此,建群期的幼苗死亡率,常取决于耐温极限的生态影响。热带低地起源的植物,易遭受冻害,对 0℃至 15℃之间的非冻结温度比较敏感。光与另一逆境因素结合,可造成光害,若植物体的温度、水分和盐分的逆境因素与光子通量密度趋于一致。对植物逆境生态学和生理学的有关细胞问题,进行综合研究,将有助于说明植物的耐性极限和有效性能,我们即可以有将植物的生理特性与其在复杂自然环境的生长、繁殖有效地联系起来,我们需要发展此种能力,以研究和模造植物的性能,塑造更为完善的生长模型,并在我们掌握自然环境复杂性的基础上,产生对生态学的新认识。全面了解复杂的自然环境是合理利用自然资源的基础。

SO₂ 等大量的气体所造成的污染,早已引起各国的重视,并相应开展了研究。近年来伸展到微量气体在陆地系统与空气间的交换,以及此类气体的生成、动态与计量,研究课题如在生态系统协调生产和消化痕迹气体中,生物学组分与环境变量之间的相关规律;控制痕迹气体在陆地生态系统与大气层流动过程中的作用物质,痕迹气体与物理的、化学的、气候的交换作用的地生理学规律;NO_x 与 N₂O 逆转的微生物学控制;CH₄ 的生物学库及其在陆地生态系统生产量的控制与土壤吸收模型等。

由于海洋不仅是重要的自然资源库,并对气候调节起着重要作用,因而海洋生物圈与

大气圈等的相互作用,被列为全球性的重要课题,例如空气与海洋交换对海洋生态系统特性的依赖,第一性生产力对海洋循环作用和营养物动态的依赖,海洋沉积作用过程和生命物质再循环中的海底生物学作用过程,由于气候的促使,海洋生态系统对全球或区域,特别是沿岸所起的反馈作用,陆地尘埃影响海水清浊度和痕迹元素对浮游生物及有效营养的重要性,短期与长期的生物相变化及演替对海水化学组成变化的作用,特别在沿岸区,气候与海洋表层系统和陆地与大气交接面,经常伴随着能量、水分供给、转化、搬运以及全球气候现象对海洋生态系统功能的反应等。

水土流失是全球性问题,在研究土地(表层)一大气一植被的相互作用的动态过程中,不同层次土壤的理化性质列为重要内容之一,并着重表土层结构的稳定性,研究如何控制放牧土壤的渗透、流失、冲刷等与其理化生物性质及其作用过程的关系。

在世界各大地区研究自然生态条件,并寻求一个评价和改善不良生活与生存条件要求的基础,是当代科学家面临的一项紧迫任务。为此,动员了多种学科,包括自然科学家和社会科学家,其中生态学家承担着桥梁的作用。尤其在1987年秋季,联合国42届大会,通过了WCED的报告之后,形势更加明确,关系世界和各国经济持续发展的战略与措施,要以生态学的基本原则为依据。在此前后的几年中,生态管理(eco-management)、生态规划(ecological planning)、生态建设(ecological construction)等观点、设想,生态技术(ecological technique)与生态工程(ecological engineering)相继提出,并已有部分的实施。

生态循环与转化规律,在我国工农业建设及环境保护方面的应用,自80年代初期亦已开始,如生态农业、企业化生态工厂、生态村、生态乡及生态县等,但尚未达到定量,因此,实现模型化及工程化还须进行许多生态学基础工作,引进新技术,以提高生态技术的水平,尤其显得重要。近代生态学不仅要广泛应用以系统论等为基础的优化理论,更要求生态学工作者掌握物理、化学及生命科学的新成就,去阐明生物与环境相互作用的复杂过程;应用数学的新成就,以分析表达复杂系统中各组分的定量关系。第三节列举的若干研究课题都关系到环境保护、工农业发展及异常气候对人类造成灾害等重大社会问题,我国有的在在进行,有的尚未开始,在已进行的研究工作中亦尚待向定量及模型方面深化。

以上趋势,结合我国的需要,概括90年代我国生态学工作者任务,应包括下列三方面:

- (1) 适应国际趋势,有选择地参加全球有关的项目,理论研究与应用研究兼顾;
- (2) 应用近代技术,深入种群生态学及群落生态学研究,进一步打好生态学基础;
- (3) 发扬我国在生态学方面的新思想,多学科相互补充,构成体系;

生态学的基础研究,虽然主要靠高等院校及科研单位进行,但大量应用工作及科学实验尚须仰赖农村、农场、工厂去开展。1987年以来,不少国家制作了有关生态环境保护及生态建设的录像磁带,向生产经营者及群众宣传,最近我还收到日本寄来的《自然农业》、《生态农业》的录像磁带,宣传农业生态工程的优点,我国应赶上去,以适应形势的需要,“水涨船高”亦必将促进生态学的发展。

第二章 生态科学概论

高拯民*

一、生态科学的发展

1869年海克尔(Haeckel)通过研究有机体与环境之间关系,首先提出了“生态学”的科学概念。生态学源于植物学、动物学、微生物学等生物学分支学科,在此基础上产生了植物生态学、动物生态学以及微生物生态学。通过大量调查研究,有关植物、动物和微生物自然群落之间依存关系及其与环境之间相互作用概念的进化,使生态学成为一门独立的科学,它具有自己的研究目标、理论与方法(马世骏,1988;高拯民,1988;李耶波,1988;李哈滨等,1988;许涤新,1988)。

生态科学与生物学其他分支学科的界限在于:生态科学主要研究生物个体水平以上的生命科学体系。

生态科学自诞生以来,大体上经历了下列发展阶段:

- (1) 个体生态学;
- (2) 种群与群落生态学;
- (3) 生态系统生态学;
- (4) 研究生物圈各生态系统间相互作用和联系的生态学;
- (5) 研究人类活动为主导作用的,人与生物圈相互作用和联系的跨学科(包括自然与人文科学)的生态科学。

生态科学正在发展成为一门研究人类与自然作为一个整体的综合科学。生态科学渊源于生物科学,它正在以空前的速度横向地和社会学、经济学等人文科学进行相互渗透和“杂交”,产生经济生态学、社会生态学等边缘学科,与此同时,原有的生态学各分支学科也继续在纵向深入。这两种发展趋势是互为补充和促进的。

二、现代生态学若干基本原则

现代生态学研究的中心是生态系统的结构与功能以及人与生物圈之间相互作用的关系。它至今还远远没有达到象物理学或遗传学那样发现有一系列严格的定律可为人们所遵循,但是经过多年来科学家们辛勤努力,现在已经可以归纳为下列几条重要的生态学原则(Smith, 1980; Odum, E. P., 1983; Odum, H. T., 1983; Putma, N. 等 1985; 马世骏, 1983; 高拯民; 1982)。

地球在长期演化过程中形成生物圈,其最普通的特征之一是生物体的极为多样性并

* 作者单位:中国科学院沈阳应用生态研究所。

且具有结构的非均一性、镶嵌性和非对称性。生物圈的主要生态单元是生态系统,它是一种开放的自我调节系统,包括生命系统与非生命系统两大组成部分,各组分间构成复杂的信息网络,实现营养元素循环与能量流动。生态系统中主要功能单位是种群,在生态系统中它占有一定的生态位(生境)。种群在生态系统的能流与生物地球化学循环中有特殊的作用。

在生态系统中,为了实现这些营养物质的流动,必须在各组分(土壤、水分、营养物质、生产者、消费者、分解者)之间,保持结构上的内在有机联系。

生态系统的主要功能是通过绿色植物的光合作用,利用太阳辐射能与其他营养物质,作为驱动力(forcing functions)不断地做功,通过各种食物链(网)的能量转换,创造人类所需要的生物量及财富。同时,还通过生态系统的生物地球化学净化作用,保证人类生存的环境质量,生态系统中生物能量的有效形成表现为原子的生物迁移,并通过生物圈的全部生物地球化学循环加以表达。

流经生态系统的总能量取决于绿色植物(生产者)固定的总能量,由于能量从某一营养级转移到另一营养水平时,大部分被消耗,因而限制了保持在某一营养级的生物个体数及质量。任何生态系统固定的能量总是有限的,当某一个种群达到生态系统所能容纳的限度时,它的数目必然趋向稳定,或者由于灾害等特殊原因而趋向衰减。

生态系统有年龄上的区别,经过幼年趋向成熟,由比较简单的结构向复杂的结构状态发展,此种定向性的变化称为演替(succession)。它的早期特征是通过单位生物量的高能流,产生高的净生产量,较后期阶段的特征是通过单位生物量的低能流,产生低的净生产量,绝大部分能量消耗于维持系统本身。当一个自然的生态系统被人类开发并继续利用下去,它的成熟度便衰减。

生态系统中发生的过程,在时间尺度方面各有自己动力学特征,它们可以在几个数量级范围变化。生态系统的组分具有自己特殊的空间尺度,其范围和规模可以从局部到区域,一直到全球。此种时空分布的差别,构成了生态系统的等级序位(hierarchy)。

生态系统具有反馈(feedback)机理,通过正负反馈的对立统一而保持动态平衡。生态系统具有弹性(resilience)及缓冲能力,这和它们先前的进化过程有关。由于天然的或者是人为活动因素强烈影响,各种生态系统受到逆境因素(stressors)的冲击,使生态系统处于不同程度逆境状态,各种生态系统抗逆境能力或从逆境下复原的能力都不相同。

现代生态学具有明显的应用性和实践性,应用生态科学所遵循的三项基本原则和要点是:

- (1) 整体优化;
- (2) 循环再生;
- (3) 区域分异。

各类生态系统有它的过去、现在和将来,从时间上保持连续性,所谓“生态平衡”是相对的,人和生物圈的相互作用、相互制约,总的来说,人是矛盾的主要方面。人既可以盲目地破坏生物圈的正常结构和功能,随着社会经济发展,科学技术不断进步,生态环境意识和水平的提高,人可以自觉地建设一个更加有效与和谐的生物圈生命支持系统。

三、生态科学的任务

为合理开发利用自然资源,不断提高生产力水平,保护与建设生态环境,提供理论方法和科学依据,生态科学的根本任务在于探索和研究一条能解决发展(development)和保护(conservation)之间矛盾,促进社会经济持续发展(sustainable development)的科学途径和对策(马世骏等,1983,1984;高拯民,1986;Sokolov,1984;De Santo Robert,1978;Anderson,1981)。

生态环境保护与建设的对象是社会、经济-自然耦合的复合系统,是一个具有耗散结构的开放系统,它具有“融合性”、“中介性”、“有序性”和“双重性”等的基本特征,因此必须根据国情,对该类系统的结构、功能,包括能流、物流、信息流和价值流相互之间复杂关系从理论与实践的结合上进行深入的研究和探索。

当前生态科学的任务与优先发展领域有:

1. 生态系统中种群规模的调控

研究生态系统中种群的适应结构和数量动力学,采用生态技术,控制生态系统中有害因素发生与蔓延,规划与制订生态系统中合理开发利用生物资源的规模,预测不同条件下可能取得的结果。

2. 生物生产力的管理

关键在于如何提高光合作用的强度,改变收获方式,提高不同营养级水平生物产品利用的经济效益,最大限度地利用初级异营养级生产,例如海洋浮游动物。实现世界自然保护大纲和我国自然保护大纲规定的三大目标:

- (1) 保护主要生态过程与生命支持系统;
- (2) 保护遗传基因的多样性;
- (3) 保护现有生产物种,促进生物资源永续利用。

3. 研究人工生物群落的稳定性和提高生产力

应用生态学有关演替的理论,通过科学实验与建立生态系统数学模型,研究人工生物群落稳定性的最佳组合、技术措施和约束条件,采用多级利用生态工程等有效途径,促进生态农业发展。

4. 生态指标体系

可广泛应用于监测和评价水、大气和土壤的环境质量,通过建立生态定位站、生态监测站和生态数据库,动态地监测物种及生态系统状态的变化趋势,及时发出警报,为决策部门制订合理利用自然资源与保护生态环境的有关政策和条例提供科学依据。

5. 环境污染防治研究环境中小剂量常暴露带有潜在性危险污染物质的迁移、转化、归宿和生态毒理学指标

建立数学模型,提出有效的防治对策,加强逆境生态系统的产生原因,机理和管理措