

E
C
O
L
O
G
Y

生物学理科基础人才培养基地教材

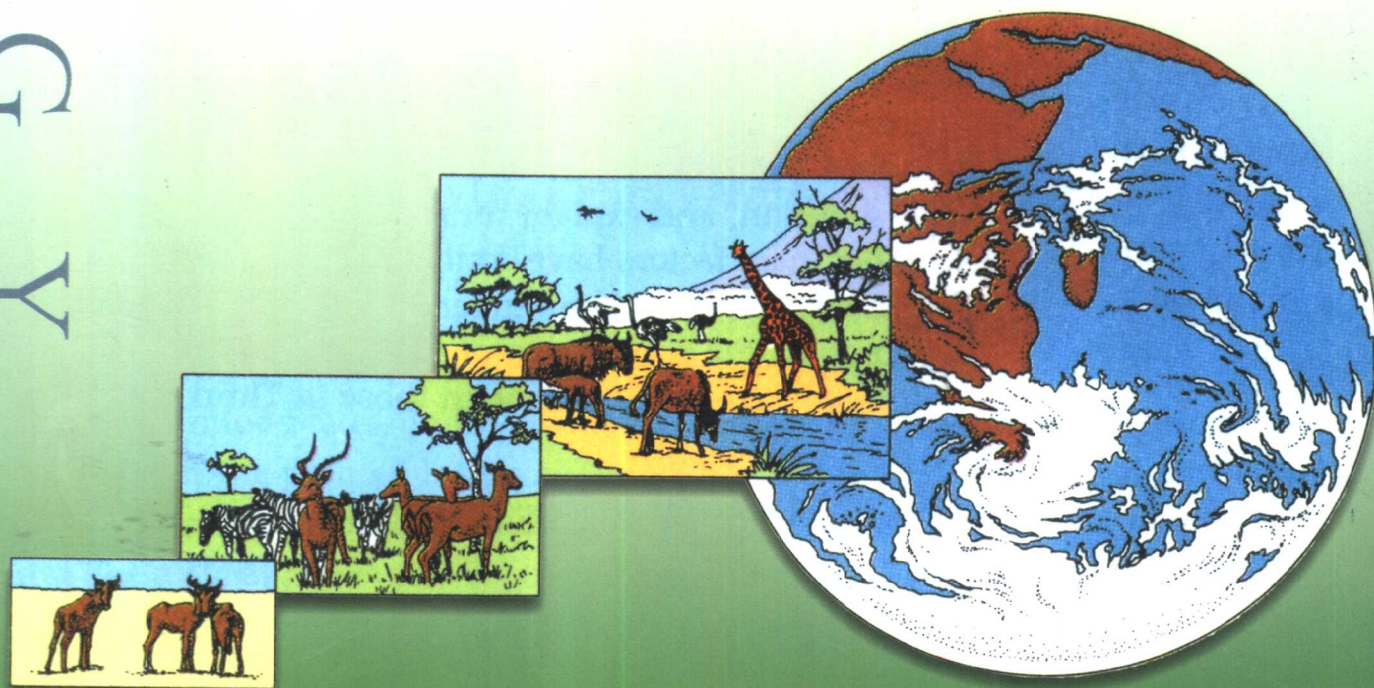
TEXTBOOK SERIES FOR BIOLOGICAL SCIENCE BASE

世界银行贷款“高等教育发展”项目资助

生态学

E C O L O G Y

常杰 葛滢 编著



浙江大学出版社

生物学理科基础人才培养基地教材

生态学

常杰 葛滢 编著

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生态学 / 常杰, 葛滢编著. — 杭州: 浙江大学出版社,
2001. 9
ISBN 7-308-02608-6

I. 生... II. ①常... ②葛... III. 生态学-高等学
校-教材 IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 74499 号

出版发行: 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑: 杜玲玲

排 版: 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷: 浙江印刷集团公司印刷

开 本: 889mm×1194mm 1/16

印 张: 20.5

字 数: 482 千

版、印次: 2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-308-02608-6/Q·021

定 价: 36.00 元

前言

就生态学来说,过去的 50 年是令人振奋的。世界在许多基本方面发生了变化,作为这些变化的一部分,生态学中许多基本方面也有了很大改变。

从 20 世纪中期开始,世界经济迅速发展。到 20 世纪的最后 20 年,人类近一半左右的人口终于不再为食物、居住问题担忧,并且拥有超出其基本生存所需的物质享受,这是自有人类以来第一次出现的大事件。现在,快速的运输可以使我们在一天内到达世界各地,使地球另一端的物品马上到达我们的手中;方便的通讯让我们随意同各地的人们交谈,而互联网络使全球连成一体……这些无疑都是巨大的进步,人类似乎已经真正脱离动物界,成为没有食物和天敌胁迫、同时又随意控制自然的独特的物种。

然而,人类在取得上述成就的同时,也付出了巨大的代价。众所周知的是 20 世纪 60 年代开始出现的环境、资源、能源、人口危机和由此带来的贫穷国家的粮食危机。80 年代以后,尽管发达国家的生态问题已经基本得到缓解,但发展中国家的问题却日趋严重,因此全球生态问题还远远没有解决,甚至也没有明显的缓解趋势。最近 20 多年来,全球环境变化、生物多样性和生态系统可持续发展成为全人类面临的共同问题,这些问题如果不及时解决,将危及全人类的命运,甚至是人种的灭绝!

由于物质世界的巨大变化,人们的期望也在变化。近 30 年来,公众的生态意识越来越强,绿党、生态党等生态组织相继成立,并已经在政治上获得一定的地位。根据联合国最近公布的衡量国家发达程度的标准,经济实力最强的美国不再是全球最发达国家,因为其生态环境及生活方式与生态学原理不尽符合。

世界上已经进行着大规模的生态学研究,但不确定因素仍然很多。无论是从国情和经济状况方面,还是从生态学理论和技术水平的发展方面来说,其他国家的生态治理都不可能走发达国家生态发展的老路,而是要用最新的理论和方法,进行综合治理和规划。

在世界经济、技术飞速进步,全球生态问题和对生态学的要求不断增长的同时,生态学这门既年青又古老的科学也得到长足的发展。生态学已经从 20 世纪初的描述性学科发展成实验和理论并进的成熟学科,在实践上也取得了卓越的成就,生态技术和生态工程的发展预示着更为光辉的前景。此外,生物学各分支学科中科学事实的不断发现,自然科学的发展以及社会科学乃至人文学科和艺术的进步,都为生态学提供了新的理论生长点和应用空间;生态学也同样为上述学科和整个人类文化做出贡献。它不再仅仅是生命科学中的一个分支学科,而是已经成为指导人类行为准则的一门科学。

这些令人兴奋的问题和事件,每天都见诸于报纸、杂志和电视广播等各种传媒。然而,作为生态学教师,我们时常有挫折感:目前还没有合适的教科书真正表达了这种令人兴奋的感觉!尽管一些作者在编写教科书时也做出了努力,但似乎仍没

有令人满意的、能使具备足够生态学思维,以解释和理解这些重要的生态事件的教科书。

当我们进一步思考这个问题时,造成所有这一切的原因变得清晰起来:现在所用的教科书的基本体系主要是 E. P. Odum 于 50 年前构建的,它曾经推动了生态学及相关学科的迅速发展,但该框架已经不能适应当前的学科现状。50 年来生态学及其相关学科的大量新事实和理论,已经无法纳入原有框架中,或者原有的一些理论与现有事实已经变得不相符合,特别是,生态学家理解这一学科的方式已经发生了变化,但是没有教科书对此有足够的反映,即使是国内外最新版的教科书也是如此。

E. P. Odum(1953)的开拓性的生态学教科书的功绩在于:它第一次用生态系统作为主导内容,将以前独立的动物生态学和植物生态学结合在一起,并成功地将经济学、数学、物理学等相关学科的一些概念引入生态学中,对生态学发展作出了巨大的不可磨灭的贡献。但是,现在看来,这个框架除了生态系统部分之外,动物生态学和植物生态学还只能算是结合,而不是真正融合在一起。这体现在:种群部分基本上仍然是动物生态学的,而群落部分则几乎全部照搬植物生态学内容。另外,Odum 虽然对人类社会面临的许多问题给予了关注,为世界在发展中已经和将要面临的问题提出了生态学的见解,但对于生态学家有提供调控世界的原理和技术,主动地提供社会服务的义务,似乎还缺乏必要的认识。更值得指出的是:经济学、数学、物理学等相关学科在这 50 年里的迅速发展,没有继续被生态学家敞开胸怀地接受,所以与这些学科相比,生态学在一些方法、方法论和理论体系方面均显得落后。

鉴于上述情况,作为生态学基础入门课程的教师,我们感到现有的教科书已经不能适应现状。当人类进入以生态思想为主导的新世纪的时候,我们需要有能够反映新时代科技水平,不再落后于其它学科的生态学理论框架。为此,应该编写一部新的教科书,重新建立一套新的理论体系,突破以往的框架,使之与当今科学发展相适应。这当然意味着原有教科书中的大部分内容仍然保留,但必须作大幅度的结构调整。我们所面临的挑战之一,就是如何把新的原理与旧的原理结合在一起。

生态学常常被认为是研究关系的科学,编写生态学教科书更要涉及到极为错综复杂的关系。篇幅有限,而要处理的主题数量是庞大的。在写作时,我们在不断地思考:“哪些问题是每一个生态专业的学生都应该知道的基本原理?哪些是与现实关系最大、最能够说明这些原理的应用范例?”在本书中,我们将努力回答这些问题。

本书中,我们尝试建立一套推理体系,将生态学建成类似物理学那样的硬科学,主要表现在:

(1)系统自组织的思想贯穿整个体系,对生态系统的概念作了重新解释;进化的观点得到充分运用,以合理地理解生命与环境相互作用的历史过程。

(2)许多生物与生物之间、生物与环境之间的一些关系,原来仅局限在一个等级层次上,但我们发现它们往往是多个等级层次系统共有。这些规律的扩展,将大大增强生态学的推理性。

(3)生态学原理应不仅仅应用在其它学科,也不应仅仅移植或借鉴其它学科的知识,生态学中的许多原理是各门学科共有的,应该相互映射,共同提高。

(4)以往生态学对于生态问题只开“诊断书”,但不开“药方”,使得生态学给人

的感觉往往是处于与经济发展的对立面,在发展中国家尤其如此。本书提倡的观点是,生态学不仅要开“诊断书”,而且一定要开“药方”,甚至要“配药”和“临床治疗”;要主动为社会服务,被社会认可,并由此引发新的科学问题。

本书共分6部分12章:第1部分——生态学总体概览,包括第1章绪论和第2章生命系统及其与环境关系的基本原理;第2部分——个体系统,包括第3、4两章;第3部分——种群系统,包括第5、6、7三章,介绍生态系统的结构、过程和功能;第4部分——生态系统,包括第8、9两章;第五部分——全球生命系统,包括第10、11两章;第六部分——总结各等级层次生命系统的共同原理,为第12章。第2~5部分的介绍方法相近,都是从生命系统的结构、过程和功能(及进化)几个方面来论述。当然,系统的结构、过程和功能是紧密联系在一起的,并没有一个截然的界限,只是为了论述的方便,不得不作出划分。在学习过程中,应该随时运用整体的、普遍联系的观点。

书中一些部分涉及其它学科的知识,用小号字排印,如果已经了解,就可以跳过;另外,大段的实例也用小号字排印,考虑到授课时间的限制,学生可以在课外自己阅读。

这本书是我们20多年来学习生态学和10多年来讲授生态学课程中不断思考的结果。全书的写作过程就是两个人共同讨论、修改、定稿的过程。如果不得不注明作者分工的话,则第5、6、7、8、9章由葛滢撰写,其余各章为常杰撰写。当然,本书仍然是初步的,特别是其中有些部分还是纲要性的,以后仍需丰富具体内容。我们想在讲授的过程中,广泛征求授课教师和学生的意见,逐步改进,使不足之处得到完善。

已经到来的新世纪,应是人与自然和谐相处的时代,需要完善的生态学理论体系。作为历史悠久的文明古国,中国在数千年前就充分尊重生态学原理——重复利用自然资源、永续发展的生活方式及思想体系,并从2000多年前就开始有了完善的生态工程。我们认为,正是这些,才使得我们的文明没有像其它古代文明一样消失,而成为惟一能够延续到今天的古老文明。在不太远的过去,对工业文明的向往曾使我们蔑视和抛弃过这一切,但西方人却在工业污染的噩梦之后重新认识了中国式的和谐文明,并争相效仿,例如,农田有机肥的使用,强调作物间、混、套作制度的优越性,不走极端的“中庸”的生活方式等,已经成为“后现代”的新潮流。出于对中国古老文明的自信,和对人类长存于地球而不至于像恐龙一样灭绝的愿望,我们也想要写好这本书。作为现代中国人,在学习了西方的先进科学和技术之后,更能够清楚地了解我们古老文明中的好与坏,我们应该对21世纪的生态学有更多的贡献和提出更权威的理论。鉴于此,我们的目标是努力把西方的现代科学技术与中国的古老文明中的精华相结合,探讨21世纪自然生态、城市生态及农业生态协调可持续发展的理论,写出一本好的生态学教材,为中国及全球的未来发展作出较大的贡献。

本书的问世得到众多人士的帮助。首先要感谢的是我们的研究生:牛晓音、关保华、卢毅军、樊梅英和殷现伟。他们数次阅读草稿、手稿及校样,提出意见,校对错误并绘制许多插图。同时,也要感谢同系研究生刘震和谢佳彦提出的有益的建议。十分感谢同事陈欣博士慨然使用本书出版前的讲义作教材,并提出建设性意见。浙江大学生命科学院98、99级的大部分学生试用讲义和提出意见,北京大学方精云教授和中科院蒋高明研究员提供部分资料,在此一并致谢!

本书基本思想的建立得益于作者与许多人的交流,在出版之际深表谢意。他们是:经济学教授罗卫东、许彬,杂家(数学、计算机科学、语言学以及其它种种)周昌乐教授,数学系陈刚博士,生态学教授杨允菲,以及其他各学科的众多的朋友们。当然,他们只使本书增色,而与书中可能出现的任何错误无干。

本书的出版得到浙江大学教材出版基金、世行贷款、国家理科基地和原杭州大学百课工程的资助。这些资助在保证本书出版费用的同时,也是一种推动,使我们在当今极其繁杂的事务中坚持按时完成了任务。最后,特别要感谢浙江大学出版社王锴博士,他的激情和大胆的创意,使本书在技术上增色良多。

由于本书对以往体系的改革力度较大,在理论框架和具体内容方面一定存在许多问题,作者诚恳地希望能够得到诸位专家、同行、相关学科学者、使用教材的同学及各位读者的批评指正。

另外,由于出版规范等原因,书中一些量纲单位做了转换,有些地方改动很大。尽管作者数度仔细校对、核算,仍难以保证不出错,请读者谅解,也请惠为指出,以便将来改正。

常杰 葛滢

2000.09.10 初稿

2001.01.01 定稿

于杭州

作者联系地址:杭州市文三路 232 号

浙江大学生命科学学院(西溪校区)

杭州 310012

电话及传真: 0571-87972193

E-mail: jchang@mail.hz.zj.cn

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1 生态学的概念与内容	(1)
2 生态学的学科特点	(2)
3 生态学及相关学科的关系	(3)
4 生态学的方法论和研究方法	(4)
5 生态学发展简史	(6)
6 生态学的后现代性质与 21 世纪的生态学	(9)
第 2 章 生命系统及其与环境关系的基本原理	(10)
第 1 节 生命系统的概念和基本特征	(10)
1 一般系统和生命系统的概念	(10)
2 生命系统是自组织系统	(10)
3 生命系统的基本方面	(11)
4 生命系统的结构	(11)
5 生命系统的主要过程	(13)
6 生命系统的功能	(16)
第 2 节 生命系统与环境的基本关系	(16)
1 环境的基本概念	(16)
2 环境的类型	(16)
3 生态因子的类型	(17)
4 生命系统与环境的基本关系	(17)
5 环境因子对生命系统作用的基本特点	(19)
6 生命系统对环境的响应和耐受性	(19)
7 环境中的限制因子和主导因子	(22)
第 3 节 如何理解生命系统	(23)
1 系统边界	(23)
2 是系统的组分还是系统的环境——再谈等级层次与尺度	(23)
3 对多样性与复杂性的理解要注意尺度	(24)
4 是过程还是功能	(24)
5 是进化还是发育	(24)
6 模型的意义	(24)
第 3 章 个体系统的结构和过程	(26)
第 1 节 生物个体的外貌和结构	(26)
1 个体的外貌	(26)
2 个体系统的基本结构	(27)
3 生物体的骨骼化及其生态学意义	(29)

4 生物体外貌和结构的生态学意义	(31)
第 2 节 个体系统物质与能量的输入和输出	(33)
1 生物体摄取营养的方式和类型	(33)
2 植物对物质与能量的获取和释放	(34)
3 动物体的营养和能量代谢	(40)
第 3 节 生物体内物质与能量的运输、分配和存储	(41)
1 物质与能量在植物体内的运输、分配和存储	(42)
2 动物体内的物质与能量运输	(43)
3 生物体的营养能量平衡及代谢策略	(43)
第 4 节 生物体中的信息流	(48)
1 生物体对外界环境的感应	(49)
2 生物体内信息的传递——生物激素	(50)
3 生物体内信息的传递——动物的神经感应	(50)
第 5 节 生物体的生长和发育	(51)
1 营养生长的一般过程	(52)
2 生物体发育的一般过程	(56)
第 6 节 生物体内稳态的自我调节	(59)
1 温度内稳态	(59)
2 水盐内稳态	(60)
第 4 章 个体系统与环境的生态关系	(64)
第 1 节 环境因子对生物体的一般作用	(64)
1 胁迫的生态效应	(64)
2 自然环境中的胁迫	(66)
3 生物体对环境胁迫适应能力的调节	(66)
第 2 节 生物体与光的生态关系	(68)
1 光对生物的一般作用	(68)
2 光胁迫	(70)
3 生物体对光的适应	(70)
第 3 节 生物体与温度的生态关系	(72)
1 温度对生物体代谢和生长的影响	(72)
2 温度对生物体发育的影响	(73)
3 温度胁迫对生物的影响	(74)
4 生物对温度的适应	(76)
第 4 节 生物体与水的生态关系	(77)
1 水作为代谢物质对生物体的影响	(77)
2 水作为生活基质对生物体的影响	(78)
3 水胁迫	(79)
4 生物体对水环境的适应	(79)
第 5 节 生物体与大气、土壤、盐环境及污染的生态关系	(82)
1 生物体与大气的生态关系	(82)
2 生物体与土壤的生态关系	(84)
3 盐和盐胁迫对生物体的影响及生物适应	(85)

4 生物体与环境污染的生态关系	(88)
第 6 节 生物体与气候及综合环境的关系	(90)
1 生物体与气候的关系	(90)
2 生物体对综合环境的适应	(92)
3 生物体对综合环境的长期趋同适应——生活型	(92)
4 植物器官的趋同适应	(95)
第 7 节 生物体的行为	(97)
1 本能行为	(97)
2 学习行为	(98)
3 功能性行为——行为事件	(100)
4 行为的投资—收益分析	(105)
5 行为的生态学意义	(106)
第 5 章 种群系统的结构	(107)
第 1 节 种群系统的空间结构和时间结构	(107)
1 生物的空间需要和领域性	(107)
2 种群的内分布型	(108)
3 植物的空间分布方式	(109)
4 动物的空间分布方式	(109)
5 种群结构的时间变化	(110)
第 2 节 种群系统结构的复杂性	(110)
1 种群内表型与基因型的多样性和复杂性	(110)
2 种群的年龄结构	(113)
3 种群内性别关系的复杂性	(114)
4 种群的社会结构	(118)
第 6 章 种群系统的过程	(120)
第 1 节 种群增长	(121)
1 与密度无关的单种种群增长模型	(121)
2 与密度有关的单种种群增长模型	(123)
3 植物种群数量特征的特殊性	(127)
4 自然界中的种群增长	(127)
第 2 节 种群中个体数量的变动和维持	(128)
1 种群内个体的存活	(129)
2 种群内个体数量的变动	(131)
3 种群的衰落和灭亡	(132)
第 3 节 种群系统的自我调节	(133)
1 种群内个体间的信息联系	(133)
2 种内竞争与合作	(135)
3 种群密度的自我调节	(137)
4 种群密度的调节方式	(143)
第 7 章 种群系统的功能和进化	(144)
第 1 节 种群与生物环境的相互作用——种间关系	(144)
1 种间竞争	(144)

2 捕食	(149)
3 食草	(151)
4 寄生与拟寄生	(154)
5 共生与合作	(155)
6 附生	(157)
7 协同进化	(157)
第2节 综合环境对种群的影响及种群对环境的适应	(159)
1 环境对种群空间结构的影响	(159)
2 环境对种群性别关系的影响	(160)
3 环境对种群密度调节的影响	(161)
4 自然选择	(162)
5 种群对综合环境的长期适应与物种形成和绝灭	(164)
6 种内关系的进化——种群对综合环境适应能力的提高	(166)
第8章 生态系统的结构	(167)
第1节 生态系统的组分	(168)
1 生态系统的生物组分	(168)
2 生态系统中物种和种群的多样性	(171)
3 生态系统中的非生物组分	(176)
第2节 生态系统的空间结构和时间结构	(178)
1 生态系统的空间和时间范围	(178)
2 生态系统的外貌	(178)
3 生态系统的垂直结构	(178)
4 生态系统的水平结构	(180)
5 生态系统的时间结构	(181)
第3节 生态系统的营养结构和功能群结构	(181)
1 食物链和食物网	(181)
2 食物链的类型	(183)
3 食物链的长度	(184)
4 食物链的联结	(184)
5 生态系统功能性组分——功能群	(184)
6 生态系统的功能群结构——营养级和生态金字塔	(186)
7 生态系统功能群结构的耦合	(188)
第9章 生态系统的过程和功能	(190)
第1节 生态系统中的生产和分解	(190)
1 基本概念	(190)
2 初级生产	(191)
3 高级生产	(195)
4 生产效率	(196)
5 生态系统中生产力的时空分异	(200)
6 生态系统中的分解过程	(201)
7 影响分解过程的因素	(202)
第2节 生态系统中的消费、交换和分配	(205)

1 生态系统中的消费过程	(206)
2 生态系统中的交换过程	(206)
3 生态系统中的流通过程	(207)
4 生态系统中的分配过程	(207)
5 动物在生态系统中的意义	(208)
第 3 节 生态系统中的能量流动和物质循环	(209)
1 生态系统中能量流动的热力学原理	(209)
2 生态系统中的能流途径及其特点	(209)
3 普适的生态系统能流模型	(210)
4 生态系统中的物质周转和循环	(211)
第 4 节 自然生态系统的生长、发育和动态	(215)
1 生态系统的生长	(215)
2 生态系统发育过程中结构的变化	(216)
3 生态系统发育的变态——生物群落的演替	(217)
4 影响生态系统发育的主要因素	(222)
第 5 节 自然生态系统的自我调控	(223)
1 生态系统中的信息流	(224)
2 生态系统结构和复杂性的调节方式	(225)
3 生态系统结构的修复和再生	(227)
4 生态系统内稳态的调节	(229)
5 生态平衡和生态系统健康	(229)
第 6 节 生态系统的功能和服务	(230)
1 生产产品	(230)
2 维护生物多样性	(231)
3 保护和改善环境质量	(231)
4 信息处理	(233)
5 生态系统服务的价值评估	(233)
第 10 章 全球生命系统的结构	(234)
第 1 节 全球生命系统的环境	(235)
1 全球生命系统的能量环境	(235)
2 全球生命系统的物质环境	(236)
第 2 节 全球生命系统的非生物组分	(237)
1 光照	(237)
2 温度	(239)
3 水圈	(240)
4 内层大气圈	(241)
5 土壤圈	(242)
6 气候	(244)
7 有毒有害物质	(245)
第 3 节 全球生命系统的生物组分	(246)
1 全球生命系统子系统——生态系统及其多样性	(246)
2 全球生命系统中物种的多样性	(249)

第4节 全球生命系统的空间结构和时间结构	(250)
1 地球上生态系统分布的地带性	(250)
2 全球主要自然生态系统的分布格局	(251)
3 全球生命系统中物种区系及多样性格局	(255)
4 全球生命系统中各组分间的关联	(255)
5 全球生命系统结构和外貌的时间变化	(256)
第5节 地球上主要生态系统的特点	(256)
1 森林生态系统	(256)
2 草原生态系统	(257)
3 荒漠生态系统	(258)
4 苔原生态系统	(259)
5 湿地生态系统	(259)
6 水域生态系统	(259)
7 主要人工生态系统	(260)
第11章 全球生命系统的生态学过程和功能	(262)
第1节 全球生命系统的生物生产	(262)
1 全球生产力概况及时空分布特点	(262)
2 影响全球初级生产力的主要因素	(262)
第2节 全球生命系统的能量流动	(263)
1 全球生命系统的能量收支	(264)
2 能量在全球生命系统各组分之间的流动与转化	(264)
3 全球生命系统中的有害能量	(267)
第3节 全球生命系统的物质循环	(267)
1 生物地球化学循环的一般特征	(267)
2 全球水循环	(268)
3 全球营养物质的气体型循环	(270)
4 全球营养物质的沉积型循环	(272)
5 全球有毒有害物质的循环	(274)
6 影响全球物质循环速率的因素	(278)
7 全球物质循环与能量流的关系	(278)
第4节 全球生命系统的自我调节	(279)
1 全球生命系统的涨落与平衡	(279)
2 Gaia 假说与全球生命系统的内稳态调节	(283)
3 近200年来的全球变化	(285)
第5节 全球生命系统中人的地位与作用	(293)
1 本次全球巨大变化是以人为主导因子产生的	(293)
2 人类对全球生命系统的主要影响	(295)
3 人类在全球生命系统自组织过程中的作用	(297)
4 人类调控全球生命系统稳定可持续发展可能性	(298)
第6节 全球生命系统的功能和进化	(299)
第12章 从个体到全球的共同原理	(301)
第1节 生命系统的类型及其关系	(301)

1 等级层次生命系统的螺旋结构	(301)
2 等级层次系统的螺旋结构与等级层次系统之间的共同性	(302)
3 等级层次生命系统之间的差异性	(303)
4 生命系统类型的进化系列	(304)
5 等级层次系统之间的关系	(305)
6 生物学谱的螺旋结构在研究方法论上的意义	(306)
第2节 生命系统生存与进化的“目的性”	(306)
1 调控中心	(306)
2 子系统的分工与耦合	(306)
3 系统自组织升级	(307)
第3节 生态学与全球生命的未来	(307)
1 生态学必须注重理论研究,努力寻找新工具	(307)
2 必须强调系统结构的极端重要性	(308)
3 中国的生态学对世界的贡献	(309)
4 全球生命的未来	(309)
参考文献	(311)

第1章 绪论

最近的几十年,人们对生态学的兴趣和知识与日俱增,公众对人类与生态环境相互影响重要性的认识程度已有了很大的提高。农药对食物链的影响以及由于环境破坏行为导致地球生物多样性降低、全球环境恶化等话题,尤其受到人们的关注。同时,许多其他学科的发展也促进了人们对生态学理解的极大进步。

联合国教科文组织要求把生态学知识普及到每一个人。然而,尽管目前生态学这个名词已经在各种媒体上经常出现,但生态学的知识和思想还远远没有在大众中普及。

经过近几十年实验和理论的发展,特别是由于学科的交叉渗透,生态学获得了迅速发展。当今世界面临的人口、食物、能源、资源和环境等问题也促进了有关方面的研究,使生态学成为目前生命科学中与分子生物学并列的两个热前沿(沈允钢, 1994)。

因为生态学研究要涉及到极为错综复杂的关系,因而生态学形成了一套特有的宏观思维方式及处理复杂事物的方法。生态学理论、事实、方法论和具体方法也在为生物学乃至整个自然科学,甚至哲学、社会科学、人文学科和文学艺术提供理论、方法论的支持。

生态工程在解决实际问题,特别是区域性大尺度均衡可持续发展和环境治理等方面的作用已初露端倪,它将是人类最重要的调控自然的有力工具。

1 生态学的概念与内容

生态学的定义 由于不同时期、不同研究者的侧重点不同,生态学的定义有许多,且始终没有达成共识,所以大部分人宁可继续沿用 Haeckel(1869)所作的生态学的第一个定义:“生态学是研究生物有机体与其周围环境(包括非生物环境和生物环境)相互关系的科学”。使用这个定义,不在于它的表述更科学,而是由于它对主体(生物有机体)的所指比较笼统,因而争议也就较少。非生物环境包括光、温、水、气、土等,生物环境是指其他生物施加的任何影响。

近几十年来,生态学的研究主体已经拓展到小至生物大分子、大到生物圈甚至地外空间的多等级生命系统,“有机体”仅仅是其中的一个组织层次。80年代,马世骏根据系统科学思想在生态学中的发展,提出:“生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学”,得到一定程度的认可。但环境通常是因子或因子集合,而不是以一个系统的形式作用于生命系统的。因此,目前比较合适的生态学定义应该是:生态学是研究生命系统与环境相互关系的科学。

纯粹生态学与应用生态学 自然科学比较成熟的学科——物理学和化学,都将学科分为“纯粹”和“应用”两类。“纯粹”意味着基础理论研究,探索自然的规律;

而“应用”则是将科学规律转化为技术和生产力。生态学也应该区分为这两类。

纯粹生态学(pure ecology)研究生态学的基本原理,为生物学和社会发展提供科学基础。从这个意义上说,生态学是帮助我们理解生物及其与外界广阔环境之间关系的一门纯科学。生态学有自己的理论体系和方法论体系,跟其他科学一样,生态学研究的结果不表明道德的和政治的行动。明白这一点很重要,因为世界上日益高涨的环境运动赋予“生态学”一词以政治的含义。特别应注意,生态学问题往往成为发达国家歪曲事实、指责发展中国家、逃避责任、转嫁危机的工具!

生态学理论来源于实践,特别在人类面临的重大问题的推动下以及在解决实际问题中得到发展;反过来,生态学理论也对于人类的经济活动和环境保护提供了有力的指导。**应用生态学**(applied ecology)就是将生态学原理运用于社会实践的分支学科。在人类面临严重的生态危机的今天,应用生态学应该得到更多的发展,不仅在规划、管理等方面采用生态学原理,而且还应该发展生态工程,为特定对象提供生态治理和规划方案,等等。纯粹生态学是生态学学科的内核,是学科深入、完善的基础;应用生态学则为社会服务,从而被社会认可,并由此引发新的科学问题,从而进一步发展、完善生态学理论。

2 生态学的学科特点

生态学在生命科学中的位置 长期连续的自然选择作用导致了生命现象特有的复杂性,也导致了生命科学研究特殊性。每一个生物体、每一个细胞乃至每一个生物大分子,都是延续了几十亿年的长期复杂的演化过程的最终结果,这就使生命科学成为一门与物理学、化学很不同的,研究对象和内容十分复杂的学科。目前,生命科学已成为现代自然科学中分支学科门类最多的学科体系,达 920 多门。如此众多学科的产生,缘于生命现象的两个基本特点:其一,生命是由一系列在尺度上从小到大的**组织层次**(levels of organization,或称**等级层次**,hierarchical levels)构成的一个**生物学谱**(biological spectrum)。根据最新知识,由小到大排列着生物大分子、大分子种群(相同大分子构成的系统)、细胞器、细胞、组织、器官、有机体、种群、生态系统和全球生命系统,这是生命系统的纵向结构。其二,每一个层次的结构和功能都极其复杂,并且数量众多、类型各异,例如蛋白质大分子有多种,而同一类蛋白质常常存在着大量结构相同的复制品(Crick, 1995);地球上有一千万个物种,每一物种通常也有数量繁多的个体。在生态学中,既有以特定生物类群为主要对象的分支,如动物生态学、植物生态学等,也有以不同组织层次为主要对象的分支,如全球生态学、种群生态学、个体生态学、分子生态学等;还有与生物学其他分支学科相结合的分支,如生理生态学、遗传生态学、行为生态学等。所以说,生态学是生物学最主要的基础学科之一。同时,由于生态学总是注重生物系统与外部环境相互作用的“边缘效应”,注重与其他学科的交叉,因而也是生物学中活力最强的边缘性学科之一。

生态学的分支学科 目前,生态学已发展为庞大的学科体系,按不同方式可划分为不同的学科:

(1)按生物组织水平划分,可分为分子生态学、个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学和全球生态学等。

(2)按研究对象的分类学类群,可分为动物生态学、植物生态学、微生物生态学、菌类生态学等;人类生态学则由于其研究对象的特殊性而成为一门独立的分支

学科。

(3)按生活环境可分为森林生态学、草地生态学、荒漠生态学、冻原生态学、淡水生态学、海洋生态学、河口生态学、陆地生态学等。

(4)按交叉学科可分为数学生态学、化学生态学、物理生态学、生理生态学、进化生态学、行为生态学、遗传生态学、经济生态学等。

(5)按研究方法可分为野外生态学、实验生态学、理论生态学等。

3 生态学与相关学科的关系

生态学是一门博大的科学,覆盖了生物、物理环境及它们之间外在的和潜在的互相联系的所有方面。数学、化学和物理学是理解生态学的工具,同时,由于生态学与人类生活和社会活动息息相关,所以生态学与经济学、哲学、社会学,甚至文学艺术都有密切联系。

生态学与经济学相互映射 经济学也是研究关系的学问。现已发现,自然界(特别是生物学)中的物质与能量运动是遵从经济学规律的。生态系统的理论实际上是建立在经济学原理上的。生态学的一个定义就是“自然的经济学”。最新研究发现,经济危机的发生和复苏与生物灭绝和爆发的过程极为相似;从小到大各个等级层次生命系统中的运行都遵循经济规律,高度自组织的系统具有很高的经济效率,如细胞和个体的能量传递和转换效率相当高,达40%~60%,而生态系统的效率目前尚较低,只有10%左右(罗辽复,1994),仍需在进化过程中进一步完善。对于刚刚整合一体的全球生命系统(可比喻为全球细胞)来说,效率更低。难怪有人说,生物学家需要向经济学家学到的东西远比经济学家向生物学家学到的东西更多。生态学家确实需要有意识地学习经济学,在进行全球变化研究时更应该着重研究经济危机的爆发规律,学习避免或缓解经济危机的做法,试图从中找出克服人类自毁的途径。事实上,生态学中许多原理的发现就是逐步学习自然的结果。

反过来,经济学也应该向生态学学习,因为生态学研究自然经济运行规律是大自然千百万年选择的结果,远比人类迄今为止研究所得的原理深奥和“精明”。从时间尺度上看,经济学的对象是短期的生态行为,而生态学的对象则是长期的经济行为。目前的经济学教科书里已经有了生态学的内容,但远未深入到本质。

生态学与进化科学在两个尺度间自相似 不同学科所涉及的时间长短和对时间概念的认识是很不同的,据此我们可以区分出两类科学。大多数自然科学学科和社会科学学科所涉及的时间尺度较短,从秒以下单位到年单位,甚至在某些情况下可以用“现代”、“瞬时”等这样的术语表达,例如物理学、化学、生理学等。在这些领域中,时间是标量,因而所研究的过程可认为是无向的、可逆的、可重复发生的。但是,另外一些自然科学和社会科学学科是研究较长的或很长的时间内的过程,例如研究生命起源和进化、地史、天体演化、社会发展史等。在这些领域中,时间被看作是矢量,在时间这个矢量上顺序发生的事件或过程是有向的、不可逆的、不重复的。上述两类科学中所涉及的时间尺度和性质都不同,我们称后一类科学为**历史科学**(广义的),前一类则为**实验科学**。

当然,历史科学和实验科学也不是界限分明的,生态学和经济学就介于这两类科学之间。许多历史自然科学也同时研究现代的正在进行的过程,例如进化生物学也研究活生物的进化,包括生物对定向环境压力的响应和适应等。实验科学在时间上的延伸就是历史自然科学,例如,古生态学是生态学在过去时间上的延伸,而进