



普通高等教育“十一五”规划教材



生态学

林文雄 主编



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

本书紧紧抓住生态学作为“生存的科学”的本质特点,系统阐述了个体、种群、群落、生态系统等4个宏观生物组织层次与其生存环境的关系及其应用方面的最新研究进展。全书共17章,内容涉及生物与环境的基本关系,生物种群的数量动态和遗传特征,生物群落的空间分布,生态系统的生物多样性、服务和管理及其全球可持续发展的关系等。全书集适用性、知识性、系统性、综合性和创新性于一体。

本书可作为高等院校生命科学各专业的教材,也可作为高等院校社会科学各专业了解生态与环境问题的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生态学/林文雄主编. —北京:科学出版社,2007
(普通高等教育“十一五”规划教材)
ISBN 978-7-03-019218-9

I. 生… II. 林… III. 生态学-高等学校-教材 IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 125325 号

责任编辑:甄文全 卜 新/责任校对:刘小梅

责任印制:张克忠/封面设计:科地亚盟

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2007年8月第一次印刷 印张:22 3/4

印数:1—4 000 字数:516 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

《生态学》编写人员

主 编：林文雄（福建农林大学）

副主编：梁宗锁 曹凑贵 姚庆智 王松良

编 委（以姓氏拼音排序）：

曹凑贵（华中农业大学）

谷俊涛（河北农业大学）

郝文芳（西北农林科技大学）

姜德锋（青岛农业大学）

柯庆明（福建农林大学）

李晓军（山西农业大学）

李振基（厦门大学）

梁宗锁（西北农林科技大学）

林瑞余（福建农林大学）

林文雄（福建农林大学）

王庆亚（南京农业大学）

王松良（福建农林大学）

吴凤芝（东北农业大学）

姚庆智（内蒙古农业大学）

易现峰（河南科技大学）

岳明（西北大学）

展茗（华中农业大学）

赵长星（青岛农业大学）

赵桦（陕西理工学院）

朱克西（云南农业大学）

前 言

从世界科学的发展角度看,19 世纪初到 20 世纪上半叶是物理学时代,即物理学在大约 150 年的时间内占据了前沿科学的位置。站在牛顿等“巨人的肩膀”上,物理学从宏观力学向宇观、微观力学方向纵深发展。到 20 世纪初,爱因斯坦的相对论与伽莫夫等的量子理论构成现代物理学的大厦。然而,20 世纪 50 年代后,借助了契马克等对 1865 年孟德尔的经典生物遗传学定律的重现,宣布遗传学的正式诞生。到 1943 年,艾弗里发现 DNA 就是孟德尔所说的“遗传因子”。1953 年,沃森和克里克发现 DNA 的双螺旋结构,而后随着三联体遗传密码和中心法则的发现,标志着现代科学进入生物学时代,即生物学替代物理学成为前沿科学。现代生物学学科体系庞大,分支学科数不胜数,并不是所有的生物学分支都是处于科学前沿的位置。其中,只有宏观生物层次的生态学和微观生物层次的分子生物学能代表现代生物学甚至整个现代科学的前沿方向。

生态学产生于 18 世纪工业革命带来的环境和社会问题,并在 20 世纪初随着全球人口、粮食、资源、能源和环境五大危机的全面爆发得以壮大与发展。生态学的应用解决人类自己造成的环境与社会问题,使人们生活得更好,因此生态学被称为“生存的科学”(对应地,分子生物学因从生物基因层次揭示包括人类在内的生命本原而被称为“生命的科学”。)。

生态学是研究生物与环境相互关系的科学。从这个意义说,人类所有的科学都是“生态学”,我们生活在“生态学的世纪”。然而,63 亿人共同生活的唯一地球正经历着前所未有的困境——人口、资源与环境交织而成的困境,并涉及社会各个依赖资源与环境的行业如工业与服务业。这种困境并不源于生物个体层次,而源于群体、系统等更高层次。遗憾的是,现代大学学科越分越细,绝大多数学科都停留在“个体生态学”阶段。所以,从“个体”向“种群”、“群落”、“生态系统”乃至“全球”层次演化是现代生态学发展的必然趋势。我们的生存和发展都依赖唯一的地球生态系统的服务功能。

我们的祖先早就意识到生态系统对人类社会发展的支持作用。古希腊时代的柏拉图就认识到:雅典人对森林的破坏导致了水土流失和水井的干涸。古代中国“风水林”的建立与保护也反映了人们对森林保护村庄与居住环境作用的认识。1864 年,George Marsh 在 *Man and Nature* 一书中第一次用文字记录了生态系统分解动植物尸体的服务功能。1935 年,英国生态学家 Tansley 第一次提出“生态系统”的概念,其后数十年,生态系统理论的发展为现代生态学体系不断走向完善奠定了基础。

我们所依赖的生态系统服务功能价值,称之为“自然资本”,与人类社会创造的“社会资本”相对应。但与“社会资本”成为(社会)经济学的研究核心不同,对“自然资本”的研究却长期缺位。正是生态学重拾“自然资本”这个核心,而其本质上就是“自然界的经济学”。同时,对生态系统服务功能的研究及其价值评估促进长期处于学科分割状态的生态学家与经济学家首次“对话”。这是本书最大的特色。

此外,2006 年 8 月 23~25 日,在福建武夷山由科学出版社主办、福建农林大学承

办召开的全国“普通高等教育十一五规划教材”暨《生态学》编前研讨会上，与会的生态学者一致认同并确定了此次新编《生态学》教材的特点。

(1) 适用性：体现农林院校的特色，是本教材最重要的特点。

(2) 知识性：知识面广，浅而易懂，对于传统的生态学内容尽量加以介绍，同时也融入生态学新的概念和理论，既有较强的理论性，又有一定的科普性。

(3) 系统性：本教材共 17 章，每章既自成体系，又相互联系，构成有机整体。

(4) 综合性：本教材综合了生态学传统和现代理论，始终贯彻理论与方法结合，基础与前沿并重，着眼于提高读者分析问题和解决问题的能力。

(5) 创新性：本教材图文并茂。

本教材内容体现了年轻生态学者的全球视野和发展潜力。基于以上特点，本教材可作为大学自然科学各专业的生态学教材，也可作为社会科学专业了解生态与环境问题的参考文献。

本教材由我国 14 所高校的 20 位长期工作在生态学教学与科研第一战线的中青年教授、博士根据各自的研究积累编写。最后，由福建农林大学的林文雄博士统稿，王松良博士在统稿中做了大量工作。

由于我们的编写水平和能力有限，难免有错误之处，恳请同行专家和广大读者给予指正。

编 者

2007 年 5 月 6 日

目 录

前言

绪论	1
第一节 生态学的定义	1
第二节 生态学的发展历史	2
第三节 生态学的发展趋势	4
第四节 生态学的研究内容	9
本章小结	11
主要参考文献	11

第一篇 个体生态

第一章 生物与环境	15
第一节 环境的概念及其类型	15
一、环境的概念	15
二、环境的类型	15
第二节 生态因子及其作用规律	16
一、生态因子的概念	16
二、生态因子的类型	16
三、生态因子的特点	16
四、生态因子的作用	17
第三节 生物种数和生态适应规律	27
本章小结	35
主要参考文献	35

第二篇 种群生态

第二章 生物种群	39
第一节 种群的概念	39
一、种群的概念	39
二、种群生态学的概念	40
第二节 种群的基本特征	40
一、种群的数量特征	40
二、种群的空间特征	43
三、种群的遗传特征	45
本章小结	47
主要参考文献	48

第三章 种群的数量动态	49
第一节 种群密度的估算	49
一、绝对密度常用的估算方法	50
二、相对密度的调查方法	53
第二节 种群数量变动的参数	54
一、种群的基本参数	54
二、年龄结构与性别比例	55
第三节 生命表特征及生命表分析	56
一、生命表的格式	57
二、生命表类型	57
三、生命表分析	59
四、关键因素分析	65
第四节 种群的增长	67
一、种群增长的一个简单的模型	68
二、种群的几何级数的增长	68
三、种群的指数级数的增长	69
四、种群的逻辑斯谛的增长	71
第五节 meta 种群及其模型	72
一、什么是 meta 种群	72
二、meta 种群的灭绝风险模型	73
三、meta 种群的动态模型	74
四、meta 种群模型的假定条件	75
第六节 生态对策及其机理	75
一、种群的遗传进化	75
二、影响自然选择的生态因素	78
三、种群的适应对策	80
本章小结	84
主要参考文献	84
第四章 生物种群关系	85
第一节 种内关系	85
一、密度效应	85
二、群聚与社会性	86
三、隔离与领域性	87
第二节 种间关系	88
一、种间竞争	88
二、化感作用	90
三、捕食作用	90
四、寄生	92
五、共生	95

六、协同进化	95
第三节 生态位理论	97
本章小结	100
主要参考文献	101
第五章 种群的调节理论	102
第一节 种群波动和调节概述	102
一、种群波动和调节	102
二、种群波动的主要形式	102
第二节 种群调节学说	104
一、外源性因子调节学说	105
二、内源性因子调节学说	107
第三节 种群调节机制	108
本章小结	111
主要参考文献	111

第三篇 群落生态

第六章 生物群落	115
第一节 群落的概述	115
一、群落的概念与特征	115
二、群落生态学的概念	117
第二节 群落的种类组成	118
一、优势种和建群种、从属种	118
二、关键种	119
三、亚优势种	119
四、伴生种	120
五、偶见种或罕见种	120
六、冗余种与冗余假说	120
第三节 群落的结构	120
一、群落的结构要素	120
二、群落的空间结构	124
三、群落的时间结构	128
四、群落的营养结构	129
五、群落交错区与边缘效应	130
第四节 影响群落组成和结构的因素	131
一、生物因素	131
二、干扰对群落结构的影响	134
三、空间异质性与群落结构	136
四、岛屿与群落结构	137
本章小结	140

主要参考文献·····	141
第七章 群落的演替·····	142
第一节 群落演替的概念·····	142
一、演替的概念·····	142
二、控制演替的几种主要因素·····	143
三、演替与波动的区别·····	144
第二节 群落演替的类型·····	145
第三节 群落演替的特征·····	146
一、群落演替的方向性·····	146
二、演替的速度·····	148
三、演替的效应·····	149
第四节 群落演替的过程·····	149
一、原生演替的过程·····	150
三、次生演替的过程·····	151
第五节 顶级群落·····	152
一、顶级群落的概念·····	152
二、顶级群落的类型·····	152
三、顶级群落的学说·····	153
第六节 影响群落演替的主要因素·····	154
一、植物繁殖体的迁移、散布和动物的活动·····	154
二、群落内部环境的变化·····	155
三、种内和种间关系的改变·····	155
四、外界环境条件的变化·····	155
五、人类的活动·····	155
第七节 群落演替观·····	156
一、经典的演替观·····	156
二、个体论演替观·····	156
三、群落演替过程的理论模型·····	156
本章小结·····	157
主要参考文献·····	158
第八章 群落的分类与排序·····	159
第一节 群落的分类·····	159
一、中国的植物群落分类·····	160
二、法瑞学派的群落分类·····	162
三、美国的群落分类·····	163
四、群落的数量分类·····	164
第二节 生物群落的排序·····	167
一、间接梯度分析·····	168
二、直接梯度分析·····	169

本章小结·····	171
主要参考文献·····	171

第四篇 系统生态

第九章 生态系统·····	175
第一节 生态系统概述·····	175
一、生态系统概念及发展·····	175
二、生态系统的特征·····	176
三、生态系统的类型·····	178
第二节 生态系统的组成与结构·····	181
一、生态系统的组成·····	181
二、生态系统的结构·····	182
第三节 生态系统的稳定与平衡·····	184
一、生态系统的稳定·····	184
二、生态平衡·····	185
本章小结·····	185
主要参考文献·····	185
第十章 生态系统中的基因漂流·····	187
第一节 基因漂流的基本概念·····	187
一、基因漂流的含义·····	187
二、影响基因漂流的因素·····	190
三、研究基因漂流的方法·····	192
四、控制基因漂流的技术·····	193
第二节 遗传物质扩展的方式·····	194
一、垂直基因传递·····	194
二、水平基因传递·····	194
第三节 基因污染·····	197
一、基因污染的概念·····	197
二、基因污染的发生、危害及防治·····	197
第四节 转基因的生物安全·····	200
一、生物安全的定义·····	200
二、转基因生物安全性·····	201
三、转基因生物的风险评价·····	201
四、转基因生物的管理和检测·····	204
本章小结·····	206
主要参考文献·····	206
第十一章 生态系统中的物种流动·····	207
第一节 物种流动的基本概念·····	207
一、物种流动的含义·····	207

二、物种流动的特点	207
第二节 物种流动对生态系统的影响	208
一、对生态系统发展方向的影响	208
二、对生物地球化学循环的影响	208
三、物种流动的间接影响	209
第三节 生物入侵	209
一、生物入侵的基本概念	209
二、生物入侵的过程	210
三、生物入侵的生态后果	210
第四节 植物的种子流	212
一、种子雨	212
二、传播动力	214
第五节 动物的迁移	216
一、昆虫迁飞	216
二、鱼类、虾类的洄游	218
三、鸟类迁徙	221
第六节 物种流动的研究进展	223
一、基础理论	223
二、实践应用	224
本章小结	224
主要参考文献	225
第十三章 生态系统中的能量流动	227
第一节 生态系统中的能量流动	227
一、能量传递	227
二、生态效率	229
三、生态金字塔	230
第二节 生态系统中的初级生产	233
一、初级生产的基本概念	233
二、初级生产的生产效率	234
三、初级生产的限制因素	236
四、初级生产量的测定方法	237
第三节 生态系统中的次级生产	239
一、次级生产过程	239
二、次级生产量的测定	240
三、次级生产的生态效率	240
第四节 生态系统中的分解	241
一、分解过程的性质	241
二、分解者生物种类	242
三、资源质量与分解作用的关系	244

四、理化环境对分解作用的影响	245
第五节 异养生态系统的能流分析	246
第六节 生态系统能流模型	247
本章小结	248
主要参考文献	249
第十三章 生态系统中的物质循环	250
第一节 物质循环的概述	250
一、生命与元素	250
二、物质循环的模式	250
三、生物地球化学循环的类型	252
第二节 水循环	253
一、全球水循环	253
二、生态系统中的水循环	255
第三节 气体型循环	255
一、碳循环	255
二、氮循环	258
第四节 沉积型循环	259
一、磷循环	259
二、硫循环	261
第五节 有毒有害物质循环	262
一、有毒有害物质	262
二、有毒有害物质循环的一般特点	263
本章小结	266
主要参考文献	266
第十四章 生态系统中的信息传递	267
第一节 生态系统信息传递的概念及特点	267
一、生态系统信息传递的概念及其特点	267
二、生态系统信息的类型和特点	268
第二节 生态系统信息处理及度量	270
一、生态系统信息处理的过程	270
二、信息传递的模型	272
三、生态系统信息的度量	273
第三节 信息化的植物亚生态系统	274
一、植物与环境间的信息	274
二、植物与植物间的化学信息传递	275
三、植物与微生物间的信息传递	277
四、植物与动物间的信息传递	277
第四节 信息化的动物亚生态系统	278
一、动物间信息通信的特点	279

二、视觉信号通信	279
三、声音信号通信	280
四、接触通信	281
五、舞蹈信号通信	281
六、电通信	282
七、动物间的化学通信	283
本章小结	285
主要参考文献	285
第十五章 生态系统的服务与管理	286
第一节 生态系统的服务	286
一、生态系统服务的概念与内涵	286
二、生态系统服务的分类	286
三、生态系统服务的价值评估	291
第二节 生态系统管理	295
一、生态系统管理的概念	295
二、生态系统管理的基本要素与运行机制	296
三、生态系统管理的基本框架和一般步骤	297
本章小结	298
主要参考文献	299

第五篇 应用生态

第十六章 应用生态学	303
第一节 应用生态学概述	303
一、应用生态学含义	303
二、应用生态学的研究内容	303
第二节 农业生态学	304
一、农业生态学概述	304
二、农业生态学的基本原理	305
三、农业生态系统	308
第三节 污染生态学	310
一、环境污染及污染生态学	310
二、污染物在生态系统中的迁移与转化	312
三、环境污染的生物监测	314
四、环境污染及其生物防治	315
第四节 景观生态学	317
一、景观和景观生态学	318
二、景观生态学的一般概念和理论	319
三、景观生态学的研究方法	321
四、景观生态学的应用	322

第五节 城市生态学	323
一、城市生态学的概念	323
二、城市生态学的研究内容	323
三、城市生态系统的组成及其特点	325
四、城市生态系统的功能	327
第六节 全球生态学	329
一、全球变化及全球生态学	329
二、全球生态学研究的主要内容	330
本章小结	333
主要参考文献	333
第十七章 生物多样性保护与可持续发展	335
第一节 生物多样性保护	335
一、生物多样性的概念	335
二、生物多样性的空间格局	337
三、生物多样性的测度	337
四、濒危生物的评估与分级	338
五、生物多样性保护	340
第二节 可持续发展	341
一、可持续发展概述	341
二、可持续发展理论框架	342
三、中国可持续发展观	343
第三节 可持续发展研究热点	344
一、如何衡量可持续发展	344
二、生物多样性保护与可持续发展	345
本章小结	347
主要参考文献	348

绪 论

“生态”一词已成为当今世界最为时髦的术语，但它是什么，生态学又是一门什么性质的学科？对于这些问题，许多人并不十分清楚。本章将就这些问题，特别是生态学的定义、研究对象与任务、研究内容与方法，发展历史与趋势等相关内容，作系统概述。

第一节 生态学的定义

“生态”一词在中文中的使用频率空前提高，现代人开口不谈“生态”似乎已经是没文化的象征了，那么“生态”到底是什么？对一般人来说，能正确回答的恐怕不多。人们更多地在意它的代表意义：优美的自然、清洁的环境、和谐的气候、鸟语花香等。

然而，中文“生态学”中的“生态”二字究竟是什么意思？对这一词的充分分析有助于更好地理解生态学，也有助于生态学课程的学习与掌握，更有助于理解我们所做的相关科学研究的目的与意义，判断我们所做的研究处于什么样的领域和层次，并帮助我们采取正确的理论与方法研究和解决实际问题。

1. “生态”的定义

“生态”意为生物在自然界的生存状态。这里的自然界是指地球表面生物及其组合与环境的统一体；生存状态包括适应进化的历史和协调存在的现状格局。

有了“生态”一词的定义，生态学这门学科似乎更加逻辑有序，可以分为两大部分：适应进化历史与协调存在的现状格局。适应进化历史侧重个体和种群水平，协调存在的现状格局侧重区域内群落和更高级的组织水平。

2. 生态学的定义

生态学(ecology)一词最早由索瑞(Henry Thoreau)于1858年提出，但他未给出生态学一词的确切定义。1866年，时年32岁的海克尔(Ernst Haeckel)提出了生态学的概念，在他所著的《普通形态学》中引用了这个术语。生态学(ecology)是由两个希腊字组成，即由词根“oikos”和“logos”结合而成。“oikos”即英文词根“eco”，表示住所；“logos”即英文词根“logy”，表示科学。因此，从希腊文的原意上讲，生态学是研究“生物住所的科学”。因为生态学与经济学有密切联系，我们可以把生态学理解为有关生物的经济管理的科学。Haeckel当时主要从事动物生态学研究，最初用ecology标定这一学科，其意应在讨论生物，特别是动物收入与支出问题，这是他成功之处。

生态学的概念后来被广泛简化为研究生物与其环境相互关系的科学。然而，Haeckel这种大范围的定义引起许多学者的争论，他们认为如果这就是生态学的话，那就没有什么不是生态学了。因此生态学需要一个更为狭义的定义。为此，一些著名生态学家相继给生态学下了各种定义。

英国生态学家埃尔顿(Charles Elton, 1927)在他的早期著作《动物生态学》中定义生态学为“科学的自然历史”(scientific natural history)，这个定义指出了许多生态

问题的起源。澳大利亚生态学家安德列沃斯 (Andrewartha, 1954) 认为生态学是研究决定生物体分布和丰度的各种关系的科学, 他强调的是种群生态学。加拿大学者克雷布斯 (Krebs, 1972) 定义生态学为研究决定有机体的分布与多度的相互作用的科学。美国著名生态学家奥德姆 (Eugene Pleasants Odum, 1971) 定义生态学为研究生态系统的结构与功能的科学, 强调了渗透于生物学的结构和功能思想。我国著名生态学家马世骏 (1980) 认为生态学是研究生命系统和环境系统的科学。然而长期以来, 生态学工作者基本接受这一被广泛简化的概念和定义, 即生态学是研究生物与其环境关系的科学。尽管有人据此派生了许多附加的修辞成分, 但其实质还是“生物与环境”的关系, 即生态学的研究对象的核心为“关系”。并且标定生态学的目的是为揭示自然界生命存在与发展之迷, 生命物质在自然界中的作用和自然界对生命的反作用。因此从确定“生态”即生物在自然界的生存状态角度讲, 那么生态学也可定义为研究生物在自然界生存状态的科学。所以, 生态学应该属于自然科学范畴。

第二节 生态学的发展历史

生态学自诞生以来, 大体上经历了三个发展阶段, 经典生态学阶段 (18 世纪至 20 世纪 40 年代)、实验生态学阶段 (20 世纪 50~80 年代) 和现代生态学阶段 (20 世纪 80 年代至今)。

1. 经典生态学阶段

这一阶段主要是生态学的资料累积与生态描述阶段。国际同行把它称为生态学酝酿阶段 (ecological murmurs phase)。这一阶段由于西方一些国家如英国、西班牙和葡萄牙等海运力量 (maritime power) 的迅速发展, 促进了这些国家加强对新大陆的探险以扩展对外贸易事业。其间, 发现了大量新的物种资源, 并加以描述分类, 使得已知的植物种类从 18 世纪的 2 万种增加到 19 世纪初的 4 万种。这一探险活动吸引了许多科学家包括植物学家的参加, 如德国植物分类学家 Alexander von Humboldt 就是其中的一位, 尽管他不是第一位提出生态学一词的人, 但他是第一位观察研究生物与环境关系的人, 他首次应用海拔与纬度来描述植物分布与气候的关系, 促进了今天我们所熟悉的植物地理学 (phytogeography) 学科的诞生。这一时期很有影响的代表人物还有丹麦植物学家、皇家科学院院士 Johannes Eugenius Bülow Warming, 他被誉为植物生态学的奠基人。是他把植物分为 4 类, 即水生植物 (hydrophytes)、中生植物 (mesophytes)、旱生植物 (xerophytes) 和盐生植物 (halophytes), 他致力研究植物群落的生境 (habitat) 及其影响植物生长发育的因素, 包括光、温度、水、土壤及其与邻近动物的相互关系, 并最早提出植物能对生境产生自动调节作用、生物之间能作为一种生态学居群存在 (communal existence) 等概念。特别是, 1859 年, 英国自然学家 Charles Robert Darwin 出版了 *Origin of Species* (《物种起源》) 一书, 标志着生态学理论研究取得重大突破, 使生态学理论从一种机械描述模式向生物学的、有机的和进化的模式转变。这一时期许多新术语和概念不断出现, 如 1866 年 Ernst Haeckel 提出的生态学 (ecology) 概念, 1875 年 Eduard Suess 提出了生物圈 (biosphere) 概念, 1877 年 Karl August Möbius 提出生物群落 (biocoenosis)。我国在这一时期, 也形成许多典型的生态学思

想,如“阴阳五行”学说和“天地人和”朴素的经典生态学理论,并产生了诸如《本草纲目》等不朽巨著。也促进生态从经验定性描述科学向半定量定性定量相结合的实验生态学发展。

2. 实验生态学阶段

到了20世纪,生态学得迅速发展,这主要是由于18世纪末世界范围内战争此起彼伏,造成森林严重破坏。进入19世纪,工业革命给环境带来的影响日益加大,客观上要求人们必须重视生态问题,促进了生态学的发展。当时的两位德国化学家 Antoine Lavoisier 和 Horace-Bénédict de Saussure 在化学领域所做的突出贡献,特别是关于氮素循环的发现,促进了实验生态学的发展。20世纪初,美国植物生态学先行者 Henry Chandler Cowles 在密歇根湖的南段沙丘(sand dunes)首次提出了生态演替(ecological succession)的概念,促进了动态生态学(dynamic ecology)研究与发展。1926年,苏联营养矿质学家和地理学家 Vladimir Vernadsky 在他的名著 The Biosphere (《生物圈》)中重新将生物圈定义为所有生态系统的总和。该书首次描述了生物地理化学循环(biogeochemical cycle)概念,即生态系统中有生命的生物组分(bio-)和无生命的地理组分(geo-)之间的化学元素运动途径(pathway),促进了生态系统的研究。首次提出“生态系统”一词,实际上是1930年由英国植物学家 Arthur George Tansley 的同事 Arthur Roy Clapham 将其作为解释生物与环境相互关系的单一实体而提出的。之后,于1935年,Tansley 扩展了生态系统定义,补充了“ecotope”的概念来说明生态系统的空间异质性,并以此解释了为什么自然界中不同生物在空间的分布格局总是不同的生物地理学特性。之后,Raymond Lindeman 引用这种理念,潜心研究明尼苏达 Cedar 湖泊(Cedar Creek Bog, Minnesota)长达8年,并于1942年,在美国生态学杂志上发表题为“Trophic-dynamic aspect of ecology”(生态学的营养动态, Ecology, 23: 399~418)的文章,提出了1/10定律,促进了湖沼学(limnology)和生态学,特别是能量生态学的发展。鉴于他的杰出贡献,1987年美国湖沼学和海洋地理学学会(The American Society of Limnology and Oceanography, ASLO)追认这位年仅27岁就离世的杰出青年水生生态学家论文成就奖。Lindeman 的工作大大促进了生态系统研究走向深入。后来生态系统的思想与方法被美国很有影响的生物学家和能量学家 Eugene Pleasants Odum 及其胞弟 Howard Thomas Odum 所采纳与应用,促进了生态系统生态学(ecosystem ecology)的产生与发展。E. P. Odum 因此被誉为生态系统生态学的奠基人,他于1953年出版《生态学基础》一书,教育了北美整整一代生物学家和生态学家。特别是随着人类社会的不断发展,人类干预环境的不合理活动的范围日益扩大,给环境带来越来越大的破坏,使得生态学研究使命从探讨自然条件下的自然现象,逐步转向研究受人类影响的半自然条件下的生态学问题,促进了生态学研究向现代生态学发展。

3. 现代生态学阶段

与传统生态学相比,现代生态学具有以下几个特点:①在研究层次和尺度上逐渐由个体—群落—生态系统向区域—国家—全球规模转变;②在研究对象上由传统的以自然生态系统为主逐渐向自然社会—经济复合生态系统转变;③研究目的的转变。现代生态学从“象牙塔”走向社会,直接为社会服务,因而其技术含量加大,可操作性和实用性加强;④在研究方法和手段上,由传统的收集、观测、描述、统计到现代的全球生态网