

1

绪论

1.1 生态学的产生及发展

1.1.1 生态学的定义

1.1.2 生态学的发展简史

1.2 生态学的学科体系

1.2.1 生态学的研究对象及内容

1.2.2 生态学的分支学科

1.2.3 生态学的研究方法及方法论

本章提要

生态学作为生物学的分支，主要研究生物与环境的关系。随着人类社会及生态学的发展，生态学基于其独特的生态学方法论，研究各种不同类型生态系统的结构和功能，形成了庞大的学科体系，成为自然科学和社会科学的桥梁。本章的目的是让学生认识、理解生态学，使学生认识到生态学能广泛指导人类解决社会发展中的生态问题，科学处理人与自然的关系，提高学生的生态意识，帮助学生树立科学的生态观。

1.1 生态学的产生及发展

1.1.1 生态学的定义

Ecology (生态学) 一词源于希腊文 *oekologie*, *oekologie* 是由词根 *oikos* 和词尾 *logos* 构成, *oikos* 的含义是“住所”或“栖息地”, *logos* 的含义为“研究”或“学科”。从字面上理解, 生态学是研究生物及其环境之间相互关系的科学。生态学 (*ecology*) 与经济学 (*economics*) 的词根相同, 这并非巧合, 而实有其相同的含义。经济学最初是研究“家庭”管理的科学, 而生态学可理解为研究生物生存的“经济”管理的科学。

1866 年, 德国动物学家 Ernst Haeckel 首次定义了生态学, 他强调生态学是研究生物在其生活过程中与环境的关系, 尤指动物与其他动、植物之间互惠或敌对的关系。后来, 一些著名生态学家也对生态学进行了定义。1909 年植物生态学的奠基人 E. Warming 提出植物生态学是研究“影响植物生活的外在因子及其对植物结构、生命延续时间、分布和其他生物关系之影响”。俄罗斯 Г. А. Келлер 院士 (1933) 给生态学的定义是: “生态学是研究生活中的植物在与其结合的特定外界环境条件紧密相互作用中的形态、结构与化学特点”。

Smith (1966) 认为“eco”代表生活之地, 定义生态学是研究有机体与生活之地之间相互关系的科学, 所以又可把生态学称之为环境生物学 (*environmental biology*)。

一些动物生态学家认为生态学是研究有机体的生活要求和家务习性的科学。俄罗斯 Haymob (1955) 的生态学定义是“研究动物的生活方式与生存条件的联系, 以及生存条件对动物的繁殖、生活、数量及分布的意义”。

美国生态学家 E. P. Odum (1971) 提出的定义是: 生态学是研究生态系统的结构和功能的科学。我国生态学家马世骏先生认为, 生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学。

可见生态学的不同定义代表了生态学的不同发展阶段, 强调了不同的生态学分支和领域。生态学发展至今, 其内涵和外延都有了变化, 特别是随着人类活动强度的激增和活动范围的日益扩大, 人与自然的协调关系出现了问题。怎样使人与自然、人类在发展经济与保护自身生存环境之间得到协调和持续发展? 这一问题使生态学的研究内容和任务扩展到人类社会、渗透到人类的经济活动中。生态学的定义不能局限于当初经典的涵义, 对此学者们曾有过不少不同的

表述，归纳各方观点，结合当今生态学的发展动态，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、资源及环境）的协调发展。

1.1.2 生态学的发展简史

1.1.2.1 生态学的萌芽时期

公元 17 世纪以前，虽然还没有生态学一词，但生态学思想及生态知识的应用已经存在。在人类文明的早期，人们多依附于自然，为了生存，就必须不断地观察与认识赖以饱腹的动、植物的习性以及周围世界的自然现象。当人类制造了工具并经营农、牧业时，就更注意某些动、植物和它们的生存环境之间的关系，并在此基础上对它们加以驯化。

在人与自然长期的交往及生产实践过程中，人类已经积累了丰富的生态学知识，朦胧的生态学思想早已见之于古希腊和中国的古代诗歌和著作中。早在公元前 1200 年我国《尔雅》一书中就有草木两章记载了 176 种木本植物和 50 多种草本植物的形态与生态环境。我国古籍《管子·地员篇》（约公元前 200 年以前）曾详细记载了江淮平原上沼泽植物沿水分梯度的带状分布与水文土质环境的生态关系（图 1-1）。公元前一二百年的秦汉时期，我国农历已确立了 24 节气，它反映了作物、昆虫等物候现象与气候之间的关系。1400 多年前，后魏贾思勰所著《齐民要术》有树木阴、阳面的记载：“凡栽一切树木，欲记其阴阳，时令转易，阴阳易位则难生”。南北朝陶宏景在《名医别录》中记载了细腰蜂在螟蛉幼虫体内的卵寄生现象。明代李时珍所著《本草纲目》中，描述了药用动植物生态习性与生态环境的关系。清代陈淙子著《花镜》中有“生草木之天地既殊，则草木之性焉得不异？”的记载，提出了植物特性因环境而变化的论点。古希腊哲学家提奥弗拉斯特 Theophrastus（公元前 370—285 年）不但注意到了气候、土壤与植物生长和病害的关系，同时也注意到了不同地区植物群落的差异。罗马的柏里辰 Pliny（公元 23—79 年）把动物分为陆栖、水生和飞翔三大生态类群。人类在实践中不断累积起来的这些生态知识为生态学的诞生奠定了基础。

1.1.2.2 生态学的创立及发展时期

从 17 世纪 Haeckel 首次提出生态学这一学科名词，到 19 世纪末称之为生态学的建立阶段。在这个阶段，生态学发展的特点是科学家分别从个体和群体两个方面研究生物与环境的相互关系。著名化学家 R. Boyle 在 1670 年发表了低气压对动物效应的试验，研究了低气压对小白鼠、猫、鸟、蛙和无脊椎动物的影

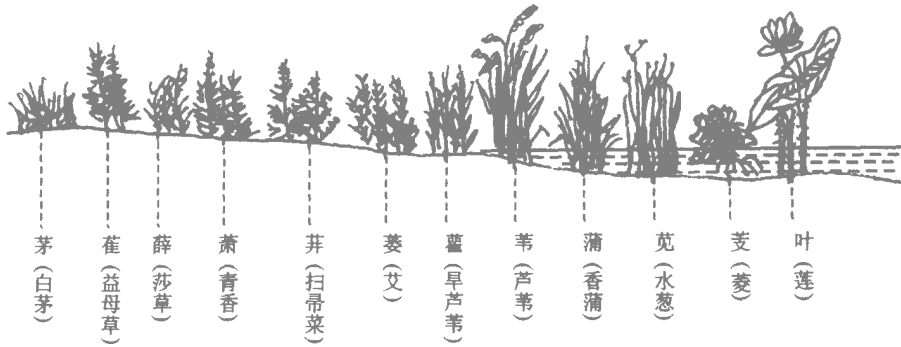


图 1-1 《管子·地员篇》记载的江淮平原上植物沿水分梯度的带状分布

(夏纬英《管子·地员篇校译》, 1958)

响。1735 年法国昆虫学家雷米尔 (Reaumur) 发现, 就一个物种而言, 日平均气温总和对任一个物候期都是一个常数, 这一发现被认为是研究积温与昆虫发育生理的先驱。1855 年 Al. de Cadolle 将积温的概念引入植物生态学, 为现代积温理论打下基础。德国植物学家 C. L. Willdenow 于 1792 年在《草学基础》一书中详细讨论了气候、水分与高山深谷对植物分布的影响, 他的学生 A. Humbolt 发扬了其老师的思想, 于 1807 年出版《植物地理学知识》一书提出“植物群落”、“外貌”等概念, 揭示了植物分布与气候条件的相关关系, 并指出“等温线”对植物分布的意义, 分析了环境条件与植物形态的关系, 创立了植物地理学 (plant geography)。

进入 19 世纪, 生态学得到更多的发展。在生理生态方面, 如确定了植物发育的起点温度 (Gasparin, 1844), 提出了“植物最小因子定律” (李比希, Liebig, 1840)。在种群生态学方面 P. F. Verhust (1938 年) 发表著名的 Logistic 方程。Malthus 于 1803 年发表了《人口论》, 其中不仅研究了生物的繁殖与食物的关系, 而且特别研究了人口增长与食物生产的关系, 他的思想对达尔文有很大影响。1859 年达尔文《物种起源》的问世, 对生态学发展是个巨大的推动。1895 年丹麦植物学家 E. Warming 发表了具有划时代意义的巨著《植物分布学》(直译是《以植物生态地理学为基础的植物分布学》), 1909 年改名为《植物生态学》(Ecology of Plants), 用英文出版。与此同时, 波恩大学教授 A. F. W. Schimper 于 1898 年出版了《以生理为基础的植物地理学》。这两本书全面总结了 19 世纪末叶之前生态学的研究成就, 被公认为生态学的经典著作, 标志着生态学作为一门生物学分支科学的诞生。

1.1.2.3 生态学的巩固及学派分化时期

到了 20 世纪 10—30 年代,生态学研究渗透到生物学领域的各个学科,形成了植物生态学、动物生态学、生态遗传学、生理生态学、形态生态学分支学科,促进生态学从个体、种群、群落等多个水平展开广泛的研究。在这一时期出现了一些研究中心和学术团体,生态学发展达到一个高峰。所以称这个阶段是生态学巩固阶段。

在动物生态学方面,生态学者已在生理生态学、动物行为学和动物群落学等方面开展了不少工作。如 Bachmetjew(1907)在光和温度对昆虫发育与地理分布影响的研究。Jennings(1906)发表《无脊椎动物的行为》,Shelford(1913)出版了《温带美洲的动物群落》。A. J. Lotka(1925)将统计学引入生态学,提出了有关种群增长的数学模型。R. N. Chapman(1931)在《动物生态学》一书中提出环境阻力的概念。C. Elton(1927)的《动物生态学》中提出食物链、动物数量金字塔、生态位等概念。

在植物生态学方面,继 Warming 和 Schimper 之后,在生理生态与群落生态方面涌现出大量著作。如 G. Klebs 的《随人意的植物发育的改变》(1903);F. E. Clements 著《植被的结构与发展》(1904),《生态学研究方法》(1905),《生态学及生理学》(1907)英国 A. G. Tansley 的《英国的植被类型》(1911)等。这促使植物生态学研究有了很大发展。

由于各地自然条件不同,植物区系和植被性质相差甚远,在认识上和工作方法上也各有千秋,因而出现了多个研究重点不同的学派。英美学派的主要成就是关于群落的动态演替和演替顶极学说,该学说侧重于动态生态研究;法、瑞学派的主要贡献是对群落结构的研究,即侧重于静态生态研究;北欧学派主要是继承和发展了瓦尔明(E. Warming)在植物地理学方面的工作;前苏联学派则主要在生物地理群落(近似于生态系统)研究方面卓有成效。

1.1.2.4 生态系统生态学时期

1935 年,英美学派的代表人物,英国植物生态学家坦斯利(A. G. Tansley)首先提出生态系统(ecosystem)的概念,认为生物与环境之间形成一个不可分割的相互关联和相互影响的整体,并于 1939 年在《英伦三岛及其植被》一书中提出了“生态平衡”的概念。1942 年苏联苏卡切夫院士提出类似的名词“生物地理群落”(geobiocenose)。1942 年,美国生态学家林德曼 R. L. Lindeman 在明尼苏达湖做了大量的工作,提出了生态系统中生物按营养水平分级的方法,这一分级方法对 Elton(1927)的营养级之间能量流动形成能量金字塔以及 Peatsall(1935)的生物量、现存量的研究等重要概念和理论都进行了新的发展。受第二次世界

大战时期系统科学、系统理论发展的影响，生态系统理论逐步形成，经过 E. P. Odum 和 H. T. Odum 兄弟的加工、宣传，生态系统的理论更加完整、充实。尤其进入 20 世纪 60 年代以后，系统生态学为广大生态学家所接受，生态学研究发生了质的飞跃，开创了新的时期。这一时期生态学与环境系统及生产应用相结合形成了海洋生态学、土壤生态学、湖泊生态学、农业生态学、农田生态学、草原生态学、森林生态学等研究方向。同时，多学科的交叉渗透，使生态系统的研究得到迅速的发展，电子计算机的应用、自动记录仪器在野外工作中的应用、系统分析以及现代化计算方法，为生态系统的研究创造了条件。同时也表现在出版了一批综合性，并反映生态学普遍规律和基本原理的教科书。最杰出的代表应该是 E. P. Odum 的《生态学基础》(Fundamentals of Ecology)。

系统生态学时期的研究特点是系统、综合、交叉和应用。在以生态系统为主流的生态学研究中，生物个体、种群、群落等不同层次的生态等研究都有较大发展，如 R. H. Macarther 等人的生态位、生存策略以及岛屿生态学的研究，其理论与实践都有重大贡献。植物生态学方面，有关数量分类、种群格局、分析等方面都有较大的进展，Evans(1972) 的生长分析 (growth analysis) 和 Harper(1977) 的植物种群生态学也是在这个时期发展起来的，植物与动物 (特别是昆虫和微生物) 之间的共同进化 (co-evolution) 也都是极有成果的领域。

1.1.2.5 人类生态学时期

世界经济经过第二次世界大战后的恢复和发展，到 20 世纪 60 年代末 70 年代初，由于科学技术的飞速发展，生产力得到不断的提高，与此同时人类对生物圈的影响和干扰也不断加强，人类与环境之间的矛盾日益突出，全世界面临着人口爆炸、资源短缺、能源危机、粮食不足、环境污染五大问题的挑战。人们在寻找这些问题发生的原因和解决办法的过程中，逐渐认识到生态学对创造和保持人类的高度文明有着重要作用，意识到人类再不能站在第三者的立场上研究生物 (主要是动物和植物) 与环境的相互关系，而是应该把人类自身放在生态系统之中，全面地看待人类在生态系统、在整个生物圈中的地位和作用，协调人类作为栖居者和操纵者之间的关系，以求达到人类社会在经济生产和环境保护之间协调的发展。从此生态学冲出了学术园地，被从高楼深院中请到社会实践及经济建设领域中，并引起全社会对生态学的兴趣与广泛关注。生态学不再限于生物学，不仅在自然科学，而且渗透到社会科学，成为联系自然科学和社会科学的桥梁。

在这期间，生态学为解决人类面临的实际问题中做了一些有益的尝试，1964—1974 年世界科协提出了“国际生物学研究计划”(International Biology Programme 英文缩写为 IBP)，这是生物学发展史上空前浩大的计划，重点是研

究世界上各类生态系统的结构、功能和生物生产力，为自然资源管理和环境保护提供科学依据。继 IBP 之后，1970 年联合国教科文组织主持成立了“人与生物圈计划”(Man and Biosphere Programme 英文缩写为 MAB) 目前已有 100 多个国家政府参加了 MAB 参加国均设有 MAB 国家委员会。我国也于 1979 年参加了 MAB。MAB 是一个国际性、政府间的多学科的综合研究计划。它的主要任务是研究在人类活动的影响下，地球上不同区域各类生态系统的结构、功能及其发展趋势，预报生物圈及其资源的变化和这些变化对人类本身的影响，其目的是通过自然科学和社会科学这两个方面，来研究人类今天的行为对未来世界的影响，为改善全球性人类与环境的相互关系提供科学依据，确保在人口不断增长的情况下合理管理与利用环境及资源，保证人类社会持续协调地发展。

1.2 生态学的学科体系

1.2.1 生态学的研究对象及内容

早期生态学是研究生物与环境之间相互关系的生物学分支，经典生态学研究最低层次是有机体（个体）。随着生物学向宏观方向变化，生态学作为宏观生物学主要以个体、种群、群落等不同的生命体系为研究对象。现代生态学研究的重点在于生态系统中各组成成分之间，尤其是生物与环境、生物与生物之间的相互作用。因此，现代生态学的研究对象既不是生物，也不是环境，而是由生物与环境相互作用构成的整体——生态系统。其实，从生态学的研究内容可以看出，无论是经典生态学研究生物与环境的关系，还是现代生态学研究生态系统结构与功能，都是研究一定实体（生态系统）内各层次、各要素的相互作用规律。当然，这个包含生命成分的实体有大有小，大到生物圈，小到一滴水；实体内的层次及组成要素也有简有繁，具体情况视研究目的而定。

近年来，生态学的研究内容仍在不断发展，一方面向个体以下层次渗透，如分子生态学、微生物学等；另一方面随着生态学的应用，不断扩大到经济及社会领域，如生态经济学、人类生态学、生态伦理学等。Barnett(1978) 还提出了一个新的术语：复合生态系统 (noosystem)，它包括自然、社会、经济、文化等多方面的因素。noosystem 与我国生态学家马世骏所倡导的自然—经济—社会复合系统是同义词。总之，当前生态学发展的主流是研究不同类型生态系统的组成、属性、结构、功能、生态过程及调控。

1.2.2 生态学的分支学科

随着生态学的发展,生态学的研究领域、研究范围及研究内容都不断扩大,已形成了庞大的学科体系。在生态系统的不同层次、对于不同的生物类群、环境类型和不同的学科交叉,在不同的领域应用形成了大量的分支学科。

1. 按研究对象的生物组织水平划分,可分为个体生态学(anecology)、种群生态学(synecology)、群落生态学(community ecology)、生态系统生态学(ecosystem ecology)、景观生态学(landscape ecology)。此外,还有区域生态学(regional ecology)和全球生态学(global ecology)。

2. 按生物分类类群划分,可分为普通生态学(general ecology)、动物生态学(zoo-ecology)、植物生态学(plant ecology)、微生物生态学(microbial ecology);还有更具体的生物类群,如昆虫生态学(insect ecology)、鱼类生态学(fish ecology)、鸟类生态学(bird ecology)、兽类生态学(beast ecology)此外,还有独立的人类生态学(human ecology)。

3. 按生物栖息场所划分,可分为陆地生态学(terrestrial ecology)又包括森林生态学(forest ecology)、草原生态学(prairie ecology)、沙漠生态学(desert ecology)等;水域生态学(aquatic ecology),包括海洋生态学(marine ecology)、淡水生态学(freshwater ecology);更具体的划分有:热带生态学(tropic ecology)、湿地生态学(mashy ecology)、山地生态学(mountainy ecology)等。

4. 按生态学与其他科学的交叉划分,可分为生理生态学(physiological ecology)、进化生态学(evolutionary ecology)、分子生态学(molecular ecology)、数学生态学(mathematical ecology)、化学生态学(chemical ecology)、能量生态学(energy ecology)、地理生态学(geographic ecology)等。

5. 按应用领域划分,可分为农田生态学(farmland ecology)、农业生态学(agroecology)、家畜生态学(livestock ecology)、渔业生态学(fishery ecology)、森林生态学(forest ecology)、草地生态学(grassland ecology)、污染生态学(pollution ecology)、自然资源生态学(ecology of natural resources)、城市生态学(urban ecology)、生态经济学(ecological economics)、恢复生态学(restoration ecology)、生态工程学(engineering ecology)、景观生态学(landscape ecology)、人类生态学(human ecology)、生态伦理学(ecological ethics)等。

此外,还有人按研究方法划分有:野外生态学(field ecology)、实验生态学(experimental ecology)和理论生态学(theoretical ecology)等。

1.2.3 生态学的研究方法及方法论

1.2.3.1 生态学的研究方法

生态学学科体系还包括其完整系统的研究方法。由于生态学的研究内容和范围非常广泛，同时近代生态学的发展主要是与其他科学相互渗透，走边缘学科发展的道路，使得生态学研究方法也变得十分复杂。其主要研究途径可归纳成以下几方面。

1. 野外与现场调查 在调查中除了要应用生物学、化学、物理学、地学、气象学等方面的知识和手段外，时常需要现代化的调查工具，如调查船、飞机甚至人造卫星等，采用先进技术和仪器，如示踪元素、无线电追踪、遥感、遥测等。

2. 实验室分析 除一般生物学、生理学、毒理学研究方法外，还要结合化学、物理学方法，尤其是分析化学、仪器分析、放射性同位素测定等方法。

3. 模拟实验 是近代生态学研究的主要手段，包括实验室模拟系统和野外模拟自然系统。实验室模拟包括各种微型模拟生态系统，如各种水生生物的微型试验系统（微宇宙），土壤试验的土壤系统，人工气候箱等。较大型的人工气候室、温室也可以包括在实验室模拟系统中。室外自然系统的模拟实验，虽然十分困难但是近年来也有相当发展。如用庞大的塑料套（或桶）沉入海湖底中形成一个自海面到海湖底的隔水装置（柱）成为在自然环境中的受控系统（controlled ecosystem）。还有人工模拟草地、森林系统，甚至模拟生物圈的巨型试验场。

4. 数学模型与计算机模拟 已广泛应用于生态学各个领域，它们对生态学理论教学、科研以及生态问题的预测、预报起着十分重要的作用。

5. 生态网络及综合分析 对于区域生态系统的研究，涉及多点实验数据的收集、处理及管理，必须建立大型数据库及管理系统。如地理信息系统（GIS）的应用，中国生态信息网（CERN）等。

1.2.3.2 生态学方法论

由于生态学研究的“关系”是一个哲学命题，其方法论的许多原理与哲学思想中整体与部分、事物相互间普遍关联等辩证唯物论有关，所以有些学者认为生态学也是一种哲学，认为生态观点是一种思维方式，这使生态学的研究方法，特别是系统生态学始终体现了以下几个观点。

1. 层次观 生命物质有从大分子到细胞、器官、机体、种群、群落等不同的结构层次。生态学主要研究机体以上的宏观层次。虽然每一生命层次都有各自

的结构和功能特征，但高级层次的结构和功能是由构成它的低级层次发展而来的。因此，研究高级层次的宏观现象须了解低级层次的结构功能及运动规律，从低级层次的结构功能动态中可以得到对高级层次宏观现象及其规律的深入理解。对低层次的运动来讲，其生物学意义也只有以较高的层次为背景，才能看得更清楚。在生态学研究，分析不同层次构成的谱系称为层次分析方法。

2. 整体观 每一高级层次都具有其下级层次所不具有的某些整体特性。这些特性不是低级层次单元特性的简单叠加，而是在低层次单元以特定方式组建在一起时产生的新特性。所以，由若干低层次单元所组成的高层次单元实际上就是高一级的新的“整体”。

3. 系统观 系统观和层次观与整体观是不可分的。生物的不同层次，既是一个生态整体，也同样是一个系统，均可用系统观进行研究。系统分析的方法既区分出系统的各要素，研究它们的相互关系和动态变化，同时又综合各组分的行为，探讨系统的整体表现。系统研究，还必须探讨各组分间作用与反馈的调控，以指导实际系统的科学管理。

4. 综合观 作为自然科学的生态学在早期的研究过程中就显示了宏大的综合特征，随着生态学的发展，其综合性显示出越来越大的优势。综合观面临的是“问题”和“对象”而不局限于一定的学科界限，单一学科常受自身学科的定界限制（包括研究手段、方法和思维方式）。生态学既包含了许多科学的内容，又与一些基础学科如遗传学、进化论、生理学、行为学等相互交叉，同时还大量地利用了物理学、化学、生理学、气象学等多个学科的研究方法和测量技术。现代生态学家们还广泛地吸收了系统论、控制论、信息论、协同论、突变论、耗散结构理论的新概念和新方法，应用于生态系统的结构和功能的研究。

5. 进化观 各种生命层次及各层次的整体特性和系统功能都是生物与环境长期协同进化的产物。协同进化是普遍存在的现象。例如：捕食者－被食者之间的对抗性特性与行为的协同发展；寄生－共生转化的协同适应；生物－环境，植物、高等动物被动与主动的对环境的改造。协同进化的观点应该是生态学研究由设计方案到解释结果的全过程的指导原则。

复习与思考

- 1 论述你对生态学含义的理解。
- 2 从生态学的研究对象及内容阐述生态学的性质。
- 3 从生态学的方法论阐明生态学的特点。
- 4 为什么各行各业都应学生态学？结合自身专业谈谈生态学的作用。

- 5 简述生态学的发展历程及发展动力。
- 6 简述生态学的分支学科。

主要参考文献

- 1 马世骏主编. 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990
- 2 李博主编. 生态学. 北京: 高等教育出版社, 2000
- 3 陈天乙编著. 生态学基础教程. 天津: 南开大学出版社, 1995
- 4 尚玉昌、蔡晓明编著. 普通生态学 (上册、下册). 北京: 北京大学出版社, 1992
- 5 马世骏主编. 中国生态学发展战略研究, 北京: 中国经济出版社, 1991
- 6 骆世明、陈聿华、严斧. 农业生态学. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1987
- 7 Mackenzie A, Ball A S and Virdee S R. Instant Notes in Ecology. BIOS Scientific Publishers Limited, 1998
- 8 Postlethwait J H, Hopson J L. The Nature of Life. McGraw - Hill Publishing Company, 1989
- 9 Bush M B, Ecology of a Changing Planet. Prentice Hall Inc. 1997
- 10 Putman R J and Whitten S D. Principles of Ecology. Croom Helm Ltd 1985

2

生态系统

系统观与生态系统

2.1

2.1.1 “系统”观念的引入

2.1.2 系统的基本性质

2.1.3 系统方法

2.1.4 生态系统的含义

生态系统的一般特征

2.2

2.2.1 生态系统的组成成分

2.2.2 生态系统的一般结构

2.2.3 生态系统的基本功能及过程

2.2.4 生态系统的特点

2.2.5 生态系统研究与一般系统的差异

2.3 生态系统的类型

2.3.1 按环境性质划分

2.3.2 按人类对生态系统的影响划分

2.4 一般生态系统概述

2.4.1 生物圈生态系统

2.4.2 水域生态系统

2.4.3 湿地生态系统

2.4.4 陆地生态系统

2.4.5 农业生态系统

2.4.6 城市生态系统

本章提要

生态系统研究是现代生态学研究的主流。本章介绍了生态系统的一般特征，并通过对不同生态系统的剖析，使学生从整体上认识生态系统是生物群落与生存环境相互作用构成的功能整体。其目的是让学生树立系统观、整体观、层次观，初步认识、了解一般生态系统的组成、结构、功能。

2.1 系统观与生态系统

2.1.1 “系统”观念的引入

“系统”一词，源自系统论的创始人——奥地利理论生物学家贝塔朗菲（L. V. Bertalanffy, 1901—1972），他认为：相互联系的诸要素的综合体就是系统。我国科学家钱学森给出了更完整的定义：系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体。该定义认为构成系统至少要有三个条件：有两个以上的组分；各组分相互联系，具有一定结构；具有独立的、特定的功能。

系统是事物存在的普遍形式，从原子到宇宙，从蛋白质到生物群落以至生物圈，从一块农田到农村产业，从一个家庭到整个社会等，都以系统的形式存在。自然界中任何研究对象，只要它是由若干个相互作用的部分联系起来的有机整体，都可看作一个系统。如：一块手表、一栋房屋、一块农田、一个农场等都各自成为一个系统。系统可以是有生命的系统，也可以是机械系统，可以是实体系统，也可以是认识体系的或虚拟系统。

2.1.2 系统的基本性质

2.1.2.1 系统组分的整体性

1. 系统无论大小都具有一定边界（boundary）系统作为研究对象应有明确的定界或范围，边界可以是自然形成的（机器的外壳），也可以是人为划定的（村庄的边界）。系统边界的划分可以按研究目的而定，同时应尽可能把关系密切的组分及其反馈联系包括在内，使得边界内的系统功能有相对独立性。系统边界的划分是系统研究前提。

2. 系统的水平分离特征（characteristic of horizontal part）既系统都是由两个或两个以上的组分（component）构成的，各个部分或部件（part）必须按照一定规格和严格的程序有序地结合起来，组分内部的关系比组分间的关系更为密切，性质更为类同，研究组分时应使组分内尽量相同，组分间尽量相异，各组分的尺度应相近。如：一个农场可分出作物、畜禽、土地、房舍等组分，一辆自行车有车把、车架、车轮……

3. 系统的垂直分离特征 (characteristic of verticality part) 系统组分又自成系统的称为子系统 (subsystem) 或亚系统 (subsystem)。子系统还可分成更小的组分, 称为子子系统 (subsubsystem), 而系统本身也可以是一个更大系统的子系统。自然界和人类社会系统普遍存在着这种大系统套小系统的现象, 从生物大分子、细胞器、细胞、组织、器官、个体、种群、群落、到生态系统就是一种典型的自然系统层次。这种大系统套小系统的系统层次结构特征称为系统的垂直分离特征。

2.1.2.2 系统结构的有序性

1. 系统的各个组分之间都有一定的量比关系。系统的结构反映了系统组分之间的关系, 尤其是量比关系, 而且量比关系不同, 系统的特性及功能不同。如: 两个氧原子构成氧气, 三个氧原子则构成臭氧。一群蜂只有一个蜂王, 出现两个蜂王必然产生分群。

2. 系统内各组分通过各种联系相互作用、相互约束、相互牵制, 以致系统内某一组分的变化会影响到系统的其他组分, 最终使系统的整体产生相应的变化, 即组分 x_1 可能是 x_2 的函数, 有 $x_1 = f(x_2)$, 系统的整体功能是各组分的函数 $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ 如农业生态系统内经济作物面积的增加, 会使粮食作物面积减少, 造成饲料粮食的减少、畜牧业的变化, 最终导致系统效益的变化。

3. 系统各组分、各层次分工合作, 各居其位、各司其职, 共同完成系统整体功能。

2.1.2.3 系统功能的整合特性

凡是系统都有其独特的功能, 这是一个系统区别于其他系统的主要标志。即使是同一系统, 其功能也由于结构的变化而有所不同, 系统的结构决定了系统的功能。

系统的整体功能不等于它各组分功能的相加, 而是一种集体效应, 既有各组分的功能, 又有各组分之间交互作用产生的新功能, 这种整体功能大于部分功能之和的特性称为系统功能整合作用 (integration of system function)。但并不是所有的系统都有系统功能整合作用, 系统的功能完全取决于系统的结构, 如: 三个可靠性为 0.9 的电子元件串联时的系统可靠性是 0.9^3 , 并联时系统的可靠性提高到 $1 - (1 - 0.9)^3 = 0.999$; 3333hm^2 森林的蓄水量相当于 100万 m^3 水库的蓄水量, 这绝不是森林中每棵树含水量的总和, 而是由森林生态系统中林冠、地被、根系、土壤相互作用来实现的。

2.1.2.4 系统结构和功能的可控性

由于系统结构决定系统功能, 通过改变系统的组分及结构就能影响系统功

能。因此，一些人工系统为了达到系统目的要求，常需要对系统的输入或状态进行控制，以使输出结果符合系统的目的要求，这个调控过程就是系统控制（system control）。这些系统中往往增加控制子系统来接受反馈信息，并发出调节信息来改变系统的输入，达到控制系统输出的目的。一些开放系统常具有反馈机制，能够自动调节，如“机器人系统”、“生态系统”等，这些系统叫自控系统（cybernetic system）或反馈系统（feedback system）（图 2-1）。

正是系统功能整合特性和系统的可控性，才为改善、优化系统结构，提高系统功能提供了可能性，系统分析才有实际意义。

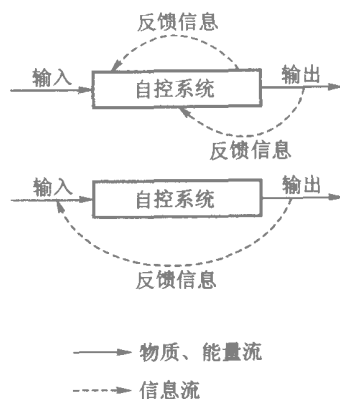


图 2-1 自控系统（反馈系统）的物质、能量流

2.1.3 系统方法

系统方法（system approach）是用系统科学的基本观点去认识事物和解决各类问题的方法论体系。系统方法要求把研究对象当作一个系统，从系统的整体出发，在考察事物时，要着眼于整体与局部之间、部分与部分之间、整体与外部环境之间的相互联系、相互作用、相互制约关系，力求综合地、精确地研究对象，以达到最佳处理问题的目的。所以它的显著特点是整体性、综合性和最佳化。系统思想是人们分析、对待一切事物的根本出发点和基本思路。

2.1.3.1 系统分析

系统分析（system analysis）是明确系统边界后，在分析系统组成要素、层次结构的基础上，分析系统各组分间相互影响的定量关系，建立系统的数学模型，并利用计算机对系统结构优化，使系统具有功能整合作用问题分析过程。系统分析的过程实际上是对具体系统性质的认识过程。一般可分为四个阶段，这四个阶段往往对应于系统的四个基本特性。

第一阶段为定性分析阶段，包括划分系统边界、确定系统组分、分析系统层次，明确问题及研究目标。

第二阶段为定量研究阶段，在定性分析的基础上进行的定量分析主要是系统结构有序性分析，包括定量研究各组分之间的定量影响关系，建立系统数学模型。

第三阶段为模型分析阶段，是在系统动态规律认识的基础上，确定系统模型

的参数，进行模型试验，优化系统功能。

第四阶段为系统结构优化阶段，是通过模拟分析，优化系统结构，实行系统调控，使系统具有系统功能整合特性，实现优化的系统功能。

2.1.3.2 系统的研究途径

系统虽有边界，但系统与外界环境之间并不都是隔绝的，一些物质、能量、信息跨越边界进入系统，成为系统的输入；相反，跨越边界离开系统的流动都成为系统的输出。系统通过输入和输出与外界环境发生联系。根据系统同外界环境联系的紧密程度常把系统分为隔离系统（isolated system）、封闭系统 closed system 和开放系统（opened system）三大类（图 2-2）。隔离系统的边界能阻止任何能量或物质的输入和输出；封闭系统的边界只能阻止物质的交换，却允许能量的输入和输出；开放系统的边界既允许能量输入和输出，也允许物质交换。

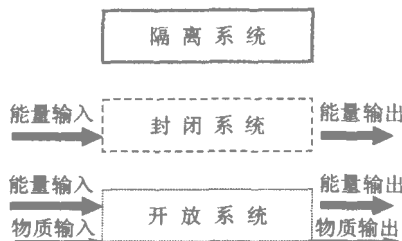


图 2-2 隔离、封闭和开放系统

（仿 I. D. White 等, 1984）

通常封闭系统和开放系统都可视为一个转换器，通过系统内各要素的相互作用把输入转换成输出。如碾米机在动力作用下将输入的稻谷转换成大米输出；农田系统内作物、土壤、杂草、病虫等相互作用将太阳能的输入转换成农产品的输出。

在系统分析中能否达到预期目的，往往取决于系统分析人员对系统的理解程度及分析方法。由于系统的复杂性，在研究系统内部组分及其相互联系时，人们可能遇到不同程度的困难，有的系统内部联系很清楚，有的很模糊，有的则一无所知。但在不同的系统研究目的下，对系统理解程度的要求也不相同，如以氮肥对作物产量的影响为研究目的时，只需统计不同施氮肥水平的产量结果即可，并可通过最高产量求得最佳施肥水平；而以提高氮肥利用率为研究目的时，必须研究氮素在系统内流动中各个环节的损失。因此，对不同系统及不同研究目的要有不同的研究方法。这些方法一般可分为“白箱”、“黑箱”和“灰箱”三种。

黑箱方法是完全忽略系统内部结构，只通过输入和输出的信息来研究系统的转化特性和反应特征的系统研究途径。当人们由于技术原因对系统内部难以了解，或研究者仅对系统整体功能感兴趣时，都会采用黑箱方法。中医通过“望、闻、问、切”进行疾病诊断就是典型的黑箱方法。传统农业也把动物、植物和土壤看成是黑箱。黑箱方法除了可以了解系统的转换功能以外，还可以对系统的内部结构作出相当准确的推断（图 2-3）。

白箱方法则是建立在对系统的组分构成及其相互联系有透彻了解的基础上

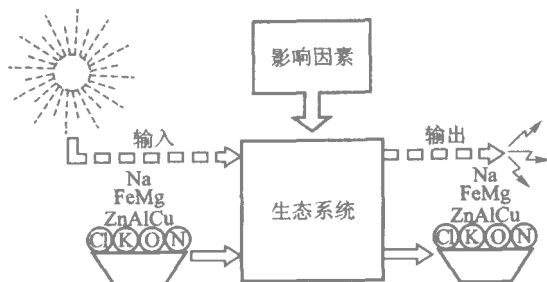


图 2-3 以输入-输出特征来研究系统产出功能的“黑箱法”

(引自 Trojan, 1984)

的系统研究方法。白箱方法通过揭示系统内部的结构和功能来理解系统的整体特性。生物的解剖和生理研究常以白箱方法为基础(图 2-4B)。

在实际研究中人们经常遇到的是“灰箱”(图 2-4A),即系统对于研究人员来说,内部的结构与功能是部分已知、部分未知的。因此,通常是黑箱和白箱方法兼用。

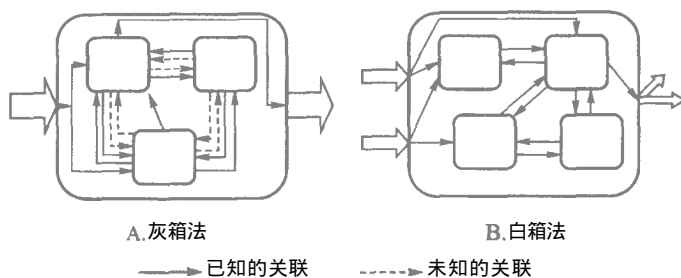


图 2-4 在建立系统模型中的“白箱”与“灰箱”

(仿 I. D. White, 1984)

2.1.4 生

ecosystem

1935

A. G. Tansley