

第一篇 基础理论篇

第一章 生态学基础

第二章 环境学基础

第三章 生态环境研究的基本理论

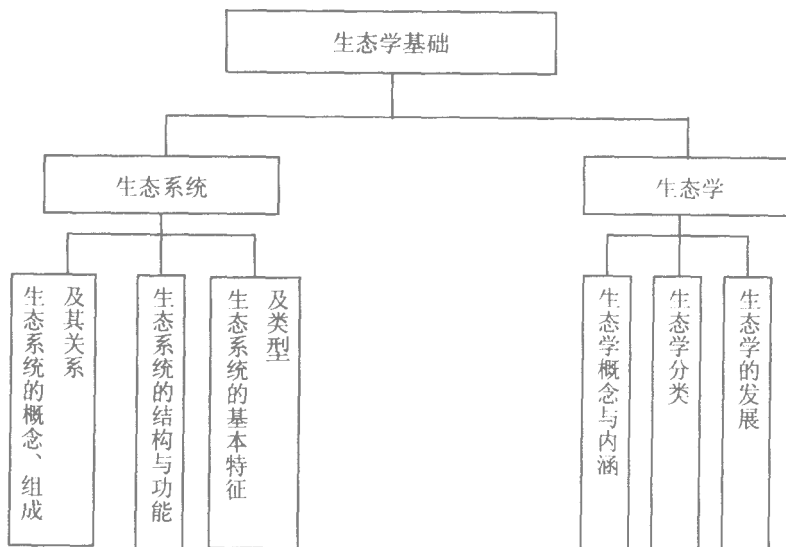
参考文献

第一章 生态学基础

内容提示

本章对生态学基础相关的概念进行了介绍，包括生态学及其分类、生态系统、生态系统的结构及其功能等。生态系统是一定空间内生物和非生物成分通过物质的循环、能量的流动和信息的交换而相互作用、相互依存所构成的一个生态学功能单位

生态学自从 1866 年赫克尔首次提出以后，随着生物学研究范围的扩展和环境科学的发展，被赋予了更为宏观和广阔的内容，直至今天发展成为一门包括人类在内的自然科学，或者说是一门包括自然在内的人文科学。在概念上，生态学的内涵是一般从研究生物个体开始，分别研究个体、种群、群落、生态系统，并形成相应的不同层次的生态学学科。



第一节 生态系统

自然科学不同学科的发展总是相互作用、相互影响的。和其他自然科学一样，生态学的发展同样接受同时代自然科学方法的指导。20 世纪上半叶后诞生的系统论对生态学的发展起了重要作用，生态学领域提出了生态系统的概念，而且生态学的重心也由研究种群生态学、群落生态学转移到生态系统生态学上来。

从系统论的角度看，生态学的各个层次如个体、种群、群落都可看作是系统，又都是更高层次的子系统。每一层次又都出现前一个层次所不具有的新的特征。

一、生态系统的概念、组成及其关系

（一）生态系统的概念

生态统一词由英国生态学家坦斯利（A. G. Tansley）于 1935 年首先提出。此后，著名生态学家 E.P. 奥德姆 1971 年指出：生态系统就是包括特定地段中的全部生物和物理环境的统一体。具体说：生态系统是一定空间内生物和非生物成分通过物质的循环、能量的流动和信息的交换而相互作用、相互依存所构成的一个生态学功能单位。

地球上有无数的生态系统的，大至整个生物圈、整个海洋、整个大陆，小到一片森林、一片草地、一个小池塘，都可以看成是一个生态系统。生态系统的边界有的是比较明确的，有的则是模糊、主观的。它在大小和空间范围上往往依据人们所研究的对象、研究内容、研究目的或地理条件等因素而确定。

生态系统概念的提出，为研究生物与环境的关系提供了新的观点，已成为当前生态学领域中最活跃的一个方面。

（二）生态系统的组成成分

生态系统的组成成分是指系统内所包括的若干相互联系的各种要素。生态系统是由两大部分、四个基本成分组成的。两大部分就是生物和非生物环境，也称之为生命系统和环境系统或生命成分和非生命成分；四个基本成分是指生产者、消费者、还原者和非生物环境（图 1-1）。其中前三者属于生命成分部分，后者为非生命成分部分。

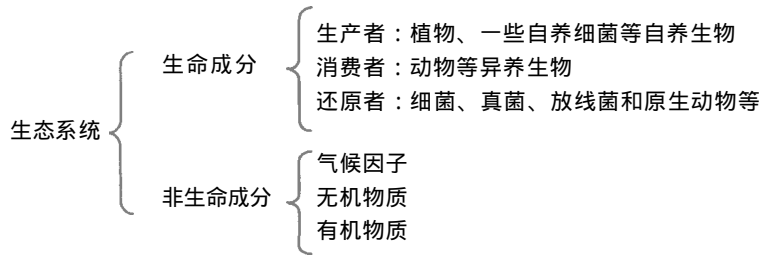


图 1-1 生态系统的组成

生态系统可以形象地比喻为一部由许多零件组成的机器。这些零件之间靠能量的传递而互相联系为一部完整的机器。生态系统首先是由许多生物组成的，物质循环、能量流动和信息传递把这些生物与环境统一起来，成为一个完整的生态功能单位。

生产者

生产者是指生物成分中能利用太阳能等能源，将水和无机盐等简单的无机物制造成复杂的有机物，供生物群落中各种生命活动之所需的自养生物。包括陆生的各种植物、水生的高等植物和藻类以及一些光能细菌和化能细菌，生产者中最主要的是绿色植物。生产者是生态系统的必要成分，它们的作用是将光能转化为化学能，以简单的无机物质为原料制造各种有机物质，不仅供给自身生长发育的需要，也是其他生物类群及人类食物和能量的来源，并且是生态系统所需一切能量的基础。

2. 消费者

消费者是指靠自养生物或其他生物为食物而获得生存能量的异养生物，主要是各类动物。其中有的以植物为食，这些是草食动物，又称初级消费者；有的以草食动物为食，这些是肉食动物，又称次级消费者。肉食动物之间又“弱肉强食”，由此可以进一步分为三级消费者以及四级消费者。在消费者中最常见的是杂食性消费者，例如池塘中的鲤鱼，它们既吃草，又吃小动物，食性很杂，正是杂食性消费者的这种营养特点，构成了生态系统中极其复杂的营养关系。它们虽然不是有机物的最初生产者，但可将初级产品作为原料，制造各种次级产品，因此，它们也是生态系统生命力构成中十分重要的环节。

3. 还原者

还原者亦称分解者，主要是指细菌、真菌、放线菌和原生动动物。它们也属异养生物，故又有小型消费者之称。它们具有把复杂的有机物分解还原为简单的无机物（化合物和

元素)，释放归还到环境中去，供生产者再利用的能力与作用。如果没有分解者的作用，生态系统中物质循环就停止了。还原者体型微小，数量惊人，分布广泛，存在于生物圈的每个部分。

4. 非生物环境

生态系统中的非生物成分，或称环境亚系统，是生态系统的物质和能量来源，包括生物活动空间和参与物质代谢的各种要素，其分为三个部分：其一为气候因子，如光照、热量、水分、空气等；其二为无机物质如 C、H、O₂、N₂ 及矿质盐分等；其三为有机物质，如碳水化合物、蛋白质、脂肪类及腐殖质等。

生态系统四个基本成分之一的非生物环境主要具有两方面的作用和功能。一是它在相当程度上提供了生物活动的空间，生物在非生物环境中得到生存和繁衍；二是它提供了生物活动、成长及生理代谢所需要的各类营养要素。

（三）生态系统组成成分的关系

生态系统的这四个基本成分，在能量获得和物质循环中各以其特有的作用而相互影响，相互依存，通过复杂的营养关系而紧密结合为一个统一整体，共同组成了生态系统这个功能单元。

生物和非生物环境对于生态系统来说是缺一不可的。倘若没有环境，生物就没有生存的空间，也就得不到赖以生存的各种物质，因而也就无法生存下去。但仅有环境而没有生物成分，也就谈不上生态系统。从这个意义上讲，生物成分是生态系统的核心，绿色植物则是核心的核心。因为绿色植物既是系统中其他生物所需能量的提供者，同时又为其他生物提供了栖息场所。而且，就生物对环境的影响而言，绿色植物的作用也是至关重要的。正因为如此，绿色植物在生态系统中的地位和作用始终是第一位的。一个生态系统的组成、结构和功能状态，除决定于环境条件外，更主要的是决定于绿色植物的种类构成及其生长状况。

生态系统中的消费者既是生态系统生命力构成中的重要环节，也是生态系统中生产者进行生产活动的内在动力。因为在没有消费者的情况下，生产是没有目的和缺乏动力的。此外，消费者的丰富与否在一定程度上反映了生态系统质量的状况，因为消费者是生态系统食物链上的一个不可缺少的营养组群，缺少它，食物链就会断裂，更无法形成生物网，从而大大影响生态系统的生命力。

生态系统中还原者的作用也是极为重要的，尤其是各类微生物，正是它们的分解作用才使物质循环得以进行。整个生物圈就是依靠这些体型微小、数量惊人的分解和转化者消除生物残体，同时为生产者源源不断地提供各种营养原料。

综上所述，可见生态系统中各种生物通过营养上的关系彼此联系着。俗话说：“大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米，虾米啃泥巴”，一连串地吃下去，这就是所谓的“食物链”（详见图 1-2）。但是许多生物并不只是以一种生物为食，一种生物常常也不只是固定为某一种生物的饵料，因此食物链又互相交叉连接，构成所谓“食物网”。

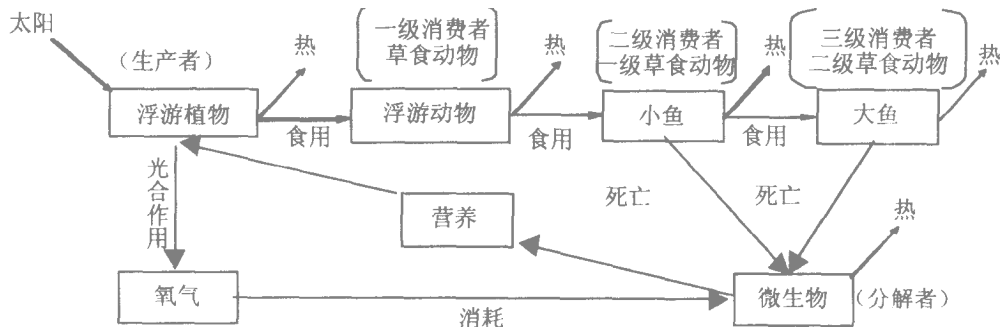


图 1-2 水生生物的食物链

二、生态系统的结构与功能

(一) 生态系统结构

空间结构

生态系统的空间结构指生态系统中各种生物的空间配置（分布）状况，亦即生物群落的空间格局状况，包括群落的垂直结构（成层现象）和水平结构（种群的水平配置格局）。

物种结构

物种结构是指生态系统中各类物种在数量方面的分布特征。由于各类生态系统在物种数量及规模上差异很大，如水域生态系统的生产者主要是需借助于显微镜才能分辨的浮游藻类，而森林生态系统中的生产者却是一些高达几米甚至几十米的乔木和各种灌木。而且，即使是一个比较简单的生态系统，要全部搞清楚它的物种结构也是极其困难的，甚至是不可能的。因此，在实际工作中，人们主要以群落中的优势种类，生态功能上的主要种类或类群作为物种结构研究对象。

3. 营养结构

生态系统的营养结构即食物网及其相互关系。生态系统是一个功能单位，以系统中物质循环和能量流动作为其显著特征，而物质循环及能量流动在某种程度上说又是以食物网为基础进行的。要理解食物网首先要从食物链谈起。食物链即生物圈中一种生物以另一种生物为食，彼此形成一个以食物连接起来的链锁关系。也可将食物链理解为生态系统中不同物质之间通过取食关系而形成的链锁式单向联系。

食物链的突出特性就是生物富集作用（又称生物放大）。某些自然界不能降解的重金属元素或有毒物质，在环境中的起始浓度并不高，但经过食物链逐渐富集，进入人体后，可能提高到数百倍甚至数百万倍，对机体构成严重危害。

食物链所具有的生物富集作用也可供人类进行“生物冶金”和“生物治污”。前者为利用某些植物共有的富集金属的特性，从植物中提炼金属。后者指利用某些植物富集吸收高浓度金属的特性，让它净化被有毒金属污染的土壤。

（二）生态系统的功能

上述生态系统的结构决定了它的基本功能，即物质生产、能量流动、物质循环和信息传递。

生物生产

生态系统中的物质生产主要是由绿色植物担当的。只有绿色植物能把简单的无机物，即水和无机盐等物质，在太阳辐射能的作用下转变为复杂的有机物，即把太阳能转变为化学能，贮存在有机物中以供生态系统中各种生命活动的能量所需。这是人类食物的根本来源，直到现在，它仍然是人类能量利用的主要来源。

生态系统中的生物生产包括初级生产和次级生产两个过程。前者是生产者（主要是绿色植物）把太阳能转变为化学能的过程，故又称为植物性生产。后者是消费者（主要是动物）的生命活动将初级产品转化为动物能，故称之为动物性生产。在一个生态系统中，这两个生产过程彼此联系，但又是分别独立进行的。

2. 能量流动

能量指物质做功的能力。生态系统中的能量流动是指能量通过食物网在系统内的传递和耗散过程。能量流动开始于初级生产者把太阳能固定在有机物中，这部分能量有三个去向：一部分为各类草食动物所采食；一部分因自身生命活动而消耗；第三部分暂时贮存在活的植物体内或枯枝落叶中，这一部分最终再经一系列的物理、化学和生物学过

程而逐渐被分解者所分解。实际上，生态系统中的能量也包括动能和势能两种形式。生物与环境之间以传递和对流的形式相互传递与转化的能量是动能，包括热能和光能；通过食物链在生物之间传递与转化的能量是势能。所以，生态系统的能量流动也可看作是动能和势能在系统内的传递与转化的过程。

3. 物质循环

生态系统中的物质主要指生物维持生命活动正常进行所必需的各种营养元素。包括近 30 种化学元素，其中主要是碳、氢、氧、氮和磷五种，它们构成全部原生质的 97% 以上。这些营养物质存在于大气、水域及土壤中。

生态系统中的物质循环是指生命活动所需的各种营养物质通过食物链各营养级的传递和转化，这里所说的各种营养物质经过分解者分解成可被生产者利用的形式归还环境中重复利用，周而复始地循环，完成生态系统的物质流动。

物质循环和能量流动不同，它不是单向性的。同一种物质可以在生物链的同一营养级内被多次利用，各种复杂的有机物质经过分解者分解成简单的无机物归还到环境，再被生产者利用，周而复始地循环。物质循环是生态系统的普遍现象，对维持生态平衡及人类生存具有重大意义。

4. 信息传递

信息传递（又称信息流）指生态系统中各生命成分之间及生命成分与环境之间的信息流动与反馈过程，是生物之间、生物与环境之间相互作用、相互影响的一种特殊形式。

在生态系统中种群与种群之间、种群内部个体与个体之间，甚至生物与环境之间都存在着信息传递。信息传递与联系的方式是多种多样的，它的作用与能流、物流一样，是把生态系统各组分联系成一个整体，并具有调节系统稳定性的作用。可以认为整个生态系统中能流和物流的行为由信息决定，而信息又寓于物质和能量的流动之中，物质流和能量流是信息流的载体。

信息流与物质流、能量流相比有其自身特点：物质流是循环的，能量流是单向的、不可逆的；而信息流却是有来有往的、双向运行的，即既有从输入到输出的信息传递，又有从输出到输入的信息反馈。正是由于信息流，一个自然生态系统在一定范围内的自动调节机制才得以实现。一般将生态系统的信息传递分为物理信息、化学信息、营养信息与行为信息。

环境是生态系统的信息源，当系统中的自养生物——植物通过光合作用，把来自环境的太阳光以化学能的形态固定下来并输入生态系统的同时，也就把信息引进了系统。阴暗雨雪、春润秋爽、闪电雷鸣、河水的涨落、海潮的澎湃、水土的流失和冲积等，无

不体现着能量、物质在时空上分布的不均匀性，无不包含着这样或那样的信息。生态系统中的各种声、光、色是物理信息，诸如人的语言，蛙的鸣叫，鸟的啼鸣，兽的吼叫，蝴蝶的飞舞，花的色彩，萤火虫的闪光等等；生物体代谢过程中产生的种种物质，如酶、生长素、维生素、抗菌素、性诱激素等等物质，在系统中不断传递着化学信息；生态系统中的食物链、食物网到处充满着营养信息，正是这些信息同能量、物质的协同作用，把地球生物圈中的数万个物种连接成一个整体。生态系统中许多植物的异常表现和许多动物的异常行为所包含的行为信息，常常预示着灾变或反映着环境的变化。关于生态系统中的信息流，许多问题尚在研究过程之中，这是一个有待开拓的宽阔而又深邃的科学领域。

生态系统结构与功能图如图 1-3 所示。

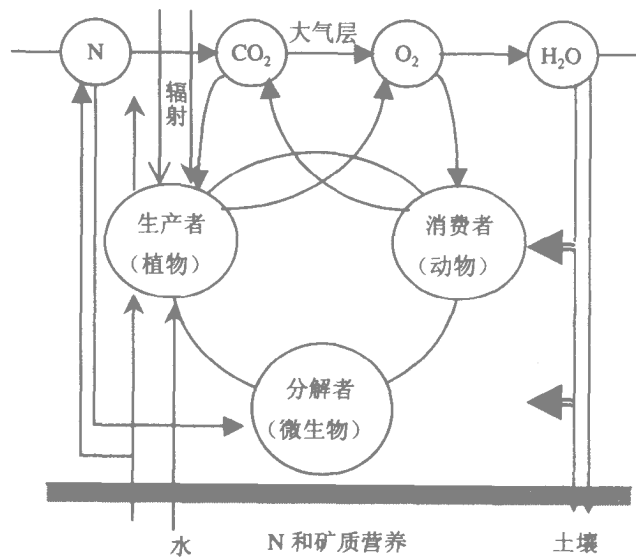


图 1-3 生态系统结构与功能图

三、生态系统的基本特征及类型

(一) 生态系统的基本特征

任何“系统”都是具有一定结构、各组分之间发生一定联系并执行一定功能的有序整体。从这个意义上说，生态系统与物理学上的系统是相同的。但生命成分的存在决定了生态系统具有不同于机械系统的许多特征，这些特征主要表现在下列几个方面：

1. 生态系统是动态功能系统

生态系统是有生命存在并与外界环境不断地进行物质交换和能量传递的特定空间，所以，生态系统具有有机体的一系列生物学特性，如发育、代谢、繁殖、生长与衰老等。这就意味着生态系统具有内在的动态变化的能力。任何一个生态系统总是处于不断发展、进化和演变之中，这就是所说的系统的演替。人们可根据发育的状况将生态系统分为幼年期、成长期、成熟期等不同发育阶段。每个发育阶段所需的进化时间在各类生态系统中是不同的，发育阶段不同的生态系统在结构和功能上都具有各自特点

2. 生态系统具有一定的区域特征

生态系统都与特定的空间相联系，因此它是一个包含一定地区和范围的空间概念。这种空间都存在着不同的生态条件，栖息着与之相适应的生物类群。生命系统与环境系统的相互作用以及生物对环境的长期适应结果，使生态系统的结构和功能反映了一定的地区特性。同是森林生态系统，寒温带的长白山区的针阔混交林与海南岛的热带雨林生态系统相比，无论是物种结构、物种丰度或系统的功能等均有明显的差异。这种差异是区域自然环境不同的反映，也是生命成分在长期进化过程中对各自空间环境适应和相互作用的结果。

3. 生态系统是开放的“自持系统”

物理学上的机械系统，如一台机床或一部机器，它的做功需要电源，它的保养（如部件检修、加油等）是在人的干预下完成的，所以机械系统是在人的管理和操纵下完成其功能的。然而，自然生态系统则不同。它所需要的能源是生产者对光能的“巧妙”转化，消费者取食植物，而动、植物残体以及它们生活时的代谢排泄物通过分解作用，使结合在复杂有机物中矿质元素又归还到环境（土壤）中，重新供植物利用。这个过程往复循环，从而不断地进行着能量和物质的交换、转移，保证生态系统发生功能并输出系统内生物过程所制造的产品或剩余物质和能量。生态系统功能连续的自我维持基础就是它所具有的代谢机能，这种代谢机能是通过系统内的生产者、消费者、分解者三个不同营养水平的生物类群完成的，它们是生态系统“自维持”的结构基础。

4. 生态系统具有自动调节的功能

自然生态系统若未受到人类或者其他因素的严重干扰和破坏，其结构和功能是非常和谐的，这是因为生态系统具有自动调节的功能。所谓自动调节功能是指生态系统受到外来干扰而使稳定状态改变时，系统靠自身内部的机制再返回稳定、协调状态的能力。

生态系统自动调节功能表现在三个方面，即同种生物种群密度调节；异种生物种群间的数量调节；生物与环境之间相互适应的调节，主要表现在两者之间发生的输入、输出的供需调节。

（二）生态系统的类型

综合考虑生态系统所处空间环境性质及人类对生态系统的影响程度两方面因素，生物圈中大小不等、类型各异的生态系统划分见图 1-4。

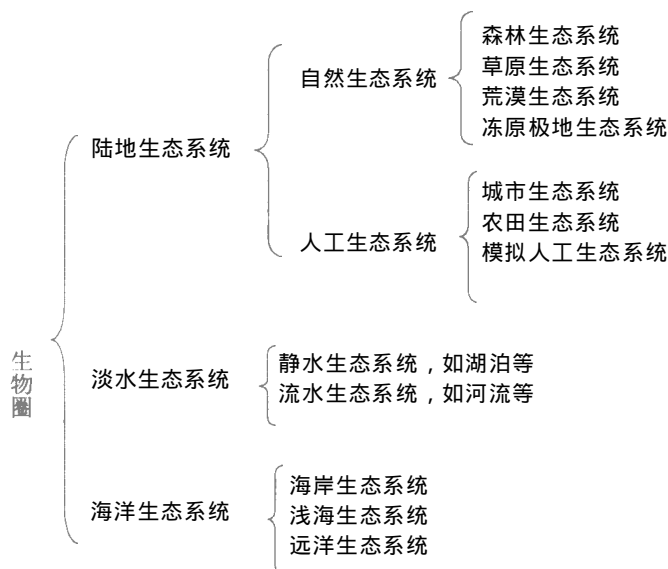


图 1-4 生态系统分类

第二节 生态学

一、生态学概念与内涵

生态学 (Ecology) 是由德国生物学家赫克尔 (Emst Heinrich Haeckel) 于 1866 年首次提出的，从此开始形成了生态学这门学科。这里所说的 Ecology 来自希腊语“oikos”与“logos”。前者意为 house 或 household（居住地、隐蔽所、家庭），后者意为学科研

究。赫克尔把生态学定义为研究有机体及其环境之间相互关系的科学。他指出：“我们可以把生态学理解为关于有机体与周围外部世界的关系的一般学科，外部世界是广义的生存条件。”

随着生物学研究范围的扩展和环境科学的发展，给生态学赋予了很多新内容。1935年，英国学者坦斯利（A. G. Tansley）提出“生态系统”的概念，开始从更宏观的角度认识生态，探索生物及其与环境之间的关系。据此，生态学是研究生物之间、生物与环境之间的相互关系的科学，是当今人们在人与自然关系上及经济社会发展过程中使用频率较高的一些概念，如生态环境、生态问题、生态平衡、生态危机、生态意识等，都是与具有广泛包容性的生态学密切相关的，已成为生物学和环境科学共同研究的学科。

从内涵来说，生态学的研究一般从研究生物个体开始，分别研究个体、种群、群落、生态系统，并形成相应的不同层次的生态学科。现代生态学除研究自然生态以外，还将人类包括在其中。我国著名生态学家马世骏教授认为，生态学是一门包括人类在内的自然科学，也是一门包括自然在内的人文科学，并提出“社会—经济—自然复合生态系统”的概念。这样，生态学研究就包括了更为宏观、更为广阔的内容，即景观生态学和全球尺度的全球生态学（生物圈生态学）。

二、生态学分类

生态学按其研究对象的不同等级单元，按照生物栖息的不同场所等可以分成若干类型。一般而言，基础生态学是以个体、种群、群落生态系统等不同的等级单元为研究对象的。其中，种群、群落和生态系统均以生物的群体为研究对象，因此，又合称为群体生态学。

生态学按生物的组织水平分为：个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统生态学等。

按自然景观分：森林生态学、草原生态学、农田生态学、沼泽生态学、沙漠生态学、淡水生态学、海洋生态学、太空生态学等。

按生物类别分：植物生态学、动物生态学、微生物生态学等。

按照生物学分类分支为研究对象，可将生态学分为普通生态学、动物生态学、植物生态学、微生物生态学、昆虫生态学、鱼类生态学、鸟类生态学及兽类生态学等等。

按照研究对象的生物栖息场所来划分，可分为陆地生态学和水域生态学两大类。前者包括森林生态学、草原生态学、沙漠生态学、农田生态学、城市生态学；后者包括海洋生态学、淡水生态学等等。

近年来，生态学和数学相结合，利用数理分析的方法研究种群生态系统，产生了系统生态学。生态学和物理学相结合，产生了能量生态学。用热力学第二定律解释生态学

系统产生了功能生态学。生态学与化学相结合，产生了化学生态学，它对认识种群的信息调节机理，指示种群与环境关系的本质有重大的意义。随着宇航事业的发展，产生了宇宙太空生态学，它是探讨太空生态因子对人类和其他生物产生影响的一门科学。

生态学的许多原理和原则在人类生产活动的许多方面得到了应用，并与其他一些应用学科及社会科学相互渗透，产生出许多应用生态学：包括农业生态学、森林生态学、渔业生态学、自然资源保护生态学、污染生态学、环境生态学、放射生态学、人类生态学、社会生态学、人口生态学、城市生态学、经济生态学及生态工程学等等。

三、生态学的发展

（一）生态学的发展阶段

生态学界把生态学的发展划分为四个阶段。第一阶段：19世纪以前的生态学——生态学的萌芽阶段；第二阶段：19世纪的生态学——生态学的初创阶段；第三阶段：20世纪前半叶的生态学——生态学的形成阶段；第四阶段：20世纪后半叶以后的生态学——生态学的发展阶段。

最近，学术界又把生态学发展分为三个阶段，每个阶段都发展了一些有代表性的科学概念。20世纪60年代以前为第一阶段，诸如演替、食物网、生态位、生态理论等科学概念都产生于这个阶段；60年代至80年代为第二个阶段，产生了功能和过程等生态学概念。近10多年来为第三个阶段，也是生态学获得飞跃发展的时期，创造出许多新概念、新理论，引入许多新方法，标志着生态学正面临一场革命性变化。例如：强调“尺度”的重要性，认为结构、功能、过程都必须在相应的尺度上考虑，如“级秩理论”。

（二）生态学的发展趋势

1. 研究进展在加快

第一，应用先进科学技术，使生态学得到空前发展。观测、试验、综合、归纳一直是生态学研究的基本方法，而在现阶段，生态学者应用先进的遥感、全球定位等地理信息技术部分替代实地观测，获得更准确的信息，使宏观生态学得到长足发展；应用电子显微技术使微观生态学的发展成为可能；应用计算机手段处理大型数据和建立数量模型，从而推动定性经典生态学发展为定量现代生态学，生态学的研究领域得到了空前的拓宽。

第二，生态学重点发展学科的替代。20世纪80年代之前，植物生态学（尤其植物群落学）和动物种群生态学是生态学发展的主流，到了90年代，生态系统生态学和（广

义的)种群生态学成为主流,进一步考虑群落之间的关系问题,群落研究自然地进入生态系统生态学。景观生态学、人类生态学得到了进一步重视,它的发展推出了城市生态学、全球生态学(生物圈生态学)等宏观生态学新领域。以资源管理为核心,使一度比较“软”的生态学向“硬”的方向转化。

2. 研究范围在扩展和内容在充实

现代生态学的发展走向,一是从微观—中观—宏观,产生了宏观生态学,诸如景观生态学、全球生态学甚至宇宙生态学、空间生态学这些学科;二是横向地与社会学、经济学、人文学杂交,形成诸如生态经济学、人类生态学这些学科;三是从生产需求出发,与资源和环境领域的学科交叉,产生诸如农业生态学、草原生态学、渔业生态学等学科;四是从人类的主观能动性出发,自觉地恢复被破坏的生态系统或根据生态学原理建造适合于人类需要的人工生态系统,从而产生了诸如污染生态学、生态工程、恢复生态学、挽救生态学、生态工艺学等。并且创办出生态农场、生态农村、生态恢复工程,以及地域化的生态城市、生态县建设工程,呈现出一派百花齐放的景象。

随着科学技术的发展,生态学的范围逐渐扩展,研究内容不断充实,现已形成一个庞大的生态学科体系。据估计,目前冠之以“生态”名词的“学科”已经不下 100 门,迄今生态学发展学科体系已经建立。

3. 生态学发展前景广阔

前面我们已经讲过,生态学这门学科是一个形成历史很短的新领域。它和其他新学科新领域一样,目前正处于形成、发展和逐步完善的阶段。从另一方面来看,生态学对于人类生存发展和世界的未来又是一个具有重大战略意义的学科。因此,它的发展前景应当是十分广阔的。未来生态学的发展起码应当解决以下几个方面的问题;

第一方面,通过大量的生态工程实验研究,使这个新学科逐步形成一套完整的生态工艺技术体系,使其在全球生态环境建设中的地位和影响不断提高,使生态学逐步列入各国政府的议事日程和世界人类的自觉行动,随着应用生态学的发展和生态工程技术的不断研究与实践,最终形成完整的生态科技理论体系。

第二方面,通过高等学校设置有关专业,逐步培养出一批高水平的生态科技人才,逐步吸收、消化应用生物工程、航天工程、信息工程、遥感工程、酶工程等现代科学技术的有关知识,逐步丰富完善生态学的内涵与外延,使生态学不断发展和提高,成为现代科学技术的一个重要组成部分。

第三方面,逐步扩大生态学的研究对象和研究内容,使生态学从目前农业、林业环保等领域的应用,逐步向与人类有关的其他领域拓展。比如,向人类居住地建设、航

天工程、卫生保健等方面延伸。

（三）我国生态学研究进展

1. 城市生态环境研究

我国在上个世纪 60 年代环境科学尚处于萌芽状态，有关城市生态环境的研究，仅限于以解决交通、给排水、绿化为主的城镇基础设施的研究和应用。70 年代初，联合国教科文组织拟订“人与生物圈计划”，我国参加了该项研究。1973 年第一次全国环境保护会议之后，在城镇开展了区域污染调查、评价和防治研究工作。这是我国城镇生态环境研究的初始阶段。1978 年城镇生态环境研究正式列入我国科技长远发展计划，许多学科开始从不同领域研究城镇生态环境。如城镇气候、城镇水文、城镇地貌、城镇园林绿化、城镇环境质量评价等方面的研究应运而生。“北京城镇生态系统研究”、“天津市城镇生态系统与污染综合防治研究”被列入国家“六五”攻关课题，这些课题开始以生态学和系统学的理论和方法为基础对整个城镇或城镇群的生态环境结构、功能及运转机制和规律进行研究，对城镇生态环境进行预测、规划和调控，这对城镇发展和环境保护起到了指导作用。

80 年代以来，我国科学工作者在理论和实践中，提出了不少有开创性的理论和方法。如我国生态学家马世骏提出社会—经济—自然复合生态系统的思想（马世骏等，1984），对城镇生态环境研究起了极大的推动作用。王如松进一步在城镇生态学领域发展了这种思想，提出城镇生态系统的自然、社会、经济结构与生产、生活还原功能的结构体系，用生态系统优化原理、控制论方法和多目标规划方法研究城镇生态（王如松，1988）从自然生态系统到城镇复合生态系统的提出，标志着城镇生态学理论的新突破，也是生态学发展史上的一次新综合，为城镇生态环境研究奠定了理论和方法基础。

当前，城镇生态环境研究又提高到了新的层次，而且正在把理论的研究逐步推向实践。最显著的就是创建环境模范城镇和建设生态城镇目标的提出和推广。许多城镇已经率先开始环境模范城镇和生态城镇建设，纷纷考察国外先进城镇发展模式，积极应用新的城镇可持续发展研究成果，制定了环境模范城镇和生态城镇规划，并开展和实施环境模范城镇和生态城镇的建设规划，包括绍兴、厦门、克拉玛依等城镇。

总体说，目前国内城镇生态环境研究倾向于多元化：有以城镇动植物、城镇气候、城镇水文、城镇地貌等为研究主体的城镇自然生态环境研究；有以城镇产业为研究主体的城镇经济生态环境研究；有以人口为研究主体的城镇社会生态环境研究；有以城镇规划布局为研究主体的城镇生态环境规划研究；有以系统科学方法为研究主体的城镇生态系统研究；有以水、土、气、噪声污染为研究主体的城镇污染生态环境研究等等。但是，

由于我国城市生态环境研究起步较晚，特别是把城市作为一个社会—经济—自然复合系统进行城市区域的综合性分析研究，仅仅是开始，有待今后从理论、方法和指标体系上进一步提高和完善。

2. 干旱区生态环境研究

进入 20 世纪 70 年代以来，干旱区生态环境恶化作为一个全球性问题，引起了国际社会的普遍关注和高度重视。围绕干旱区生态环境研究，当前世界上进行的工作大致可以分为几个方面：一是荒漠化研究，重点是荒漠化成因与防治；二是干旱生态环境演变研究，运用模型模拟与综合分析，探讨干旱区生态环境演变过程与机理是当前环境科学领域的前沿。

我国干旱区主要分布在西部，西部干旱区是欧亚大陆干旱中心，在世界干旱区生态环境研究中颇具代表性，一直是科学家们研究的重要对象。早在 19 世纪中叶，众多国内外学者就对此作过生物、地理、环境等方面的考察。新中国成立后，为加强干旱区研究，我国先后建立了一些专门研究机构，设立了多个野外监测站点，多次组织较大规模的专项科学考察，实施了多项国际合作项目，开展了一系列专题性、区域性的研究，发表和出版了大量成果，形成了一些新的观点和见解，为认识和改善干旱区生态环境积累了大量的基础性资料。在干旱区生态环境形成演变研究方面，初步探讨了干旱环境形成的原因和时代，并在塔里木盆地、准噶尔盆地和柴达木盆地建立了以万年计的环境演变序列。在近现代干旱环境研究中，认识到人类活动是诱发和加剧生态环境演变的重要因素，从而摆脱了“气候日益变干”纯自然观点的束缚；在生态系统过程研究方面，侧重于绿洲土地盐渍化、沙漠化成因的探讨，初步揭示了生态系统的演替规律和退化机理；在水文与水资源研究方面，基本查明了水资源的储量及空间分布，进行了干旱区水循环、水平衡实验研究，并在一些特定地区建立了水资源模拟模型和优化利用模型；在区域环境整治和荒漠化防治方面，通过对重点流域生态环境的研究，提出了重点区域环境治理方案，总结出了一些具有地方特色的荒漠化防治模式。毫无疑问，这些工作为干旱和生态环境研究及生态学科发展创造了良好条件，奠定了坚实基础。

纵观国内外围绕干旱区生态环境所进行的工作，由于受到资金、技术等诸多因素的制约，大多是偏重于一些特定专题的探讨或某些特殊区域的研究，对一些事关干旱区人类生存环境和区域发展的重大生态破坏问题研究深度不够，从整体上来说尚缺乏高层次的综合集成和量化的对比。在全球变化背景下，从干旱区生态环境整体性出发，系统地探讨地球各层圈间的相互作用过程，全面地揭示干旱区生态环境形成演变规律和发展趋势，提出干旱区生态环境的有效改善途径和可持续发展对策，这不仅是未来干旱区研究的重点发展方向，而且也是全球生态环境改善的迫切需求。为此，国家通过 973 项目、

攻关项目、地方基金项目等,进行生态环境的理论与方法应用研究,取得了一些突破性进展,为当地资源开发、生态建设、环境保护提供了决策支持,也为国家实施西部大开发战略提供了可靠的科学依据。

3. 土壤生态环境研究

我国工业化带给环境的最大负面影响之一是土壤污染,在过去的几十年里,环境研究的重点主要在大气污染和水污染,对土壤污染和土壤生态环境的关注和研究很不够。近年来,越来越多的科学工作者开始了对这一领域的新一轮研究,在土壤污染现状评估、污染物在土壤生态系统中物理化学行为、土壤生态系统污染的生物修复方法等三个方面的研究取得了一定的成果。

土壤是地球生态系统的重要组成部分,在地球演化漫长的历史过程中,与大气、水、生物系统形成了宏观的相对平衡的体系。人类自身的活动影响了整个地球的生态环境,而土壤是其中的重要组成部分,也是人类赖以生存的重要物质基础之一。人类活动对土壤环境的影响可以追溯到远古时代,但那时影响的范围和深度是很小的。在欧洲一直到工业革命以后,人类活动对土壤环境的影响才开始急剧地增长。在我国则是自新中国成立以后,随着工业的发展,大量的废水、废气和固废排向环境造成环境污染,其中包括土壤污染,外来的有毒有害农药、石油、重金属以及酸性物质,破坏了土壤中物质和生态系统固有的动态平衡。

土壤污染物主要来自污染的大气沉降,废水和污水灌溉,工业废渣和城市垃圾,以及农药施用等。人为源大气污染物主要来自化石燃料燃烧、工业废气和机动车尾气。其中对土壤产生不良影响的重要污染物有 SO_2 、 NO_x 、重金属、POPs、农药、石油等。2000 年全球排入大气的 SO_2 、 NO_x 分别达到 1.5 亿 t 和 5657 万 t 以至全球大气酸化,土壤 pH 值下降。2001 年我国 SO_2 、 NO_x 的排放量分别为 1948 万 t 和 1100 万 t,其中, SO_2 排放量居世界第一位。2001 年我国工业废水排放量为 203 亿 t,生活污水 230 亿 t,合计 433 亿 t,其中含 COD 1405 万 t,工业废水和生活污水分别占 608 万 t 和 797 万 t,污水中含有大量的 Hg、Cd、 Cr^{6+} 、Pb、As、挥发酚、氰化物、石油类、氨氮等污染物,通过污水灌溉进入土壤。全国 2001 年工业固废产生量 4.7469 亿 t,生活垃圾 1.74 亿 t。

废气、废水、工业固废和城市垃圾倾泻以及农药的施用,造成土壤重金属、农药、石油污染,土壤酸化,营养元素流失,破坏土壤生态系统,降低作物产量,森林衰亡。因此,防治土壤污染是一项刻不容缓的任务。

污染物在土壤中的生物物理化学行为研究是预防土壤污染和污染土壤修复的科学基础。土壤生态系统与大气、水体相比,更为复杂,它是由气、水、固、生物组成的复杂系统,有气-固、气-液、液-固以及相界面交错和不清晰,污染物在单相中、相界面