

第一章

绪 论

第一节 环境的概念

一、环境的定义

环境总是相对于某一中心而言。人们通常所称的环境是指以人类为中心的周围空间和所有影响人类生活、生产活动的各种自然因素与社会因素的总和。它包括自然环境、人工环境和社会环境。

自然环境指非人类创造物质所构成的地理空间。它在人类出现之前就经历了漫长的发展过程，是人类发生、发展的物质基础。其构成有大气、水、土壤、岩石和生物等。这些要素在自然环境演化发展过程中相互联系、相互依赖和影响，其演变的基本动力是太阳辐射能。

人工环境也称工程环境。指人类在利用和改造自然环境中创造的客观条件和物质因素，例如农田、城市、工厂、矿山等。

社会环境是人类活动的产物，由经济、政治、文化等要素组成。一定的社会有一定的经济基础和相应的政治、文化等上层建筑。社会环境直接制约或影响人类的活动，决定人类和环境之间的关系。

《中华人民共和国环境保护法》对环境的定义为：环境是指大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、疗养区、自然保护区、生活居住区等。

对上述环境定义的理解特别要注意二点：

1. 环境是相对以人类为中心并作用于人类这一客体的所有外界事物。在人类出现之前自然界早已存在，其他生物也已发生发展。所以，人类的生存环境有其时间的相对性。

2. 人类与环境之间的相互关系不同于任何生物。人类不只是像自然界的其他生物那样，用自己的存在影响环境，同时让自己的身体适应环境。人类是以自己的劳动来改造环境，不断把自然环境转变为新的生存环境。这种改造环境的程度，随着人类社会的不断进步而发展。今天，人类活动的领域，不仅深入到地壳深处，而且已离开地球进入到星际空间。因此，人类的生存环境又有其空间的相对性。

对人类而言，环境发挥着两方面的功能。一方面它是人类生存与发展的终极物质来源；另一方面它承受人类活动所产生的废弃物和各种作用的结果。这种功能决定了人类在自己的活动越来越强烈地影响着环境的发展过程中，必须彻底地摒弃利己主义，保护好环境，保持与环境和谐协调的互利关系。

二、环境的种类

根据人类活动的空间范围和生存需要，环境的种类可以分为：聚落环境、地理环境、地质环境和宇宙环境。

（一）聚落环境 指人类聚居场所的环境。聚落环境是人类在利用、适应和改造自然环境过程中创造出来的生存环境，也是与人类生活、工作关系最密切、最直接的环境。人类社会的进步与发展，使聚落环境不断发生变化。而聚落环境的发展也为人类提供了越来越方便和舒适的工作、生活环境。同时，人口的聚集和人类活动的频繁，也使聚落环境受到各种污染的压力。

根据聚落环境的规模、性质和功能，它可以分为院落环境、村落环境和城市环境。

1. 院落环境 指由一些功能不同的建筑物和与其联系在一起的场院组成的基本环境单元。从简单的一座农舍，到复杂的一座庄园；从简陋的茅屋，到全自动化装备的现代化豪宅。不同地域自然条件的差异、经济文化发展的差异使院落环境具有明显的时代特征和地区特征。例如我国黄土高原的窑洞、内蒙古草原的蒙古包、西南地区的竹楼和北方的四合院等，都说明院落环境是人类在发展过程中适应自己生活和生产的需要，因地制宜地形成的。

院落环境容易受到居民生活中产生废物的污染，从而对居民的健康带来直接的影响。所以，在未来的院落环境的规划设计中，最重要的要求就是加强环境保护的观念，在充分利用自然条件的基础上，创造出内部结构合理、外部环境协调的院落环境。例如，充分考虑太阳能和废物能的利用，提倡院落环境的绿化和园林化等，不仅创造一个清洁新鲜、美观怡人的居住环境，还将其建成结构合理、功能良好、物尽其用的人工生态系统。

2. 村落环境 村落是农业人口聚居地。随着自然条件的不同，以及农事活动种类（如农、林、牧、渔业等）和规模的不同，村落环境的类型多种多样。我国作为一个农业大国，在从传统农业向现代农业转变的过程中，村落环境也正在因为生产方式的改变而发生着前所未有的激烈变化。在村落环境朝着现代化的发展和建设过程中，要特别注意因地制宜地综合利用自然能源，如太阳能、风能、水能、地热能等，加强对生物能的转化和利用，推广使用沼气。通过生态农业建设，发展庭院经济，则村落环境的质量是可以大为改善的。

3. 城市环境 城市是非农业活动人口聚居的地方。它既是工业、商业、交通的集中地，也是政治、文化、经济的中心。随着社会的发展，城市的规模越来越大，城市化的速度也越来越快。据联合国人口统计资料表明，世界城市人口占总人口的比重，1950年为28.7%，1960年为33.9%，1970年为37.5%，1980年为40%，1990年则有一半以上人口居住在城市。据《中国统计年鉴》（1995）数据我国城市人口约占总人口的23%，随着广大农村富余劳动力的大规模转移，和加快小城镇建设，我国城市化发展正在加快。由于人口高度集中，工厂、交通和生活产生的各种废物极易造成对城市环境的污染。同时由于城市的高度人工化，生物环境受到破坏，水泥建筑和柏油路面使城市的环境容量变小，自净能力差，居民的生活受污染的影响加重。所以从20世纪70年代以来，许多发达国家出现人口从市中心向郊区流动的趋势。但这样更加剧了交通的拥挤和能源的消耗。现代城市

环境不仅需要加大污染治理力度，减少污染源，还要在科学合理的规划和建设中注意城市生态环境的优化，大力开展绿化工作，创造整洁、优美、舒适、方便的城市生活和工作环境。

(二) 地理环境 指地球表层地理空间，人类和生物赖以生存和发展的环境，为人类提供生活资料和再生资源。它包括直接影响到人类生活的水体、陆地、大气、生物等环境因素，是具有一定结构的多级自然系统。地理环境是人类和生物的生存环境，一定的生存环境和相应的生物群落组成一定的地理环境结构单元，也就是生态系统。随着地理位置和气候条件的不同，地表形态和组成物质的差异很大，从高山到海洋，从沙漠到森林都有不同的生物链，形成地理环境提供人类生存条件和生物物种的多样性。因此，地理环境是环境保护研究和工作的主体。

(三) 地质环境 指地表以下的地壳层即岩石圈，延伸至地核内部。它提供人类大量的生产资料，即丰富的矿产资源。值得重视的是这些资源是不可再生的，人类现代生产生活中对非再生资源的大量开采应用，已造成对环境质量严重的威胁。

(四) 宇宙环境 包括大气层外整个宇宙空间。随着人类在宇宙空间活动不断增多，范围不断扩大，各种宇宙飞行器活动产生的问题日趋突出，人们对宇宙环境的认识也将不断发展。

第二节 环境问题

人类的发展经历了原始捕猎阶段、农牧业阶段和现代工业阶段，每个阶段都伴随着人类在生存和发展过程中带给环境的影响。当这种影响过大，超过自然系统的调节功能，使环境改变达到人或生物体受到危害或威胁的程度，即产生环境问题。我们这里所说的环境问题，不包括广义上由自然力引起的自然灾害如地震、山体滑坡、火山爆发等，主要指由人类活动引起的不良环境改变与破坏。这种环境问题一般分为生态环境破坏与环境污染两类。

一、生态环境破坏

生态环境破坏是人类对自然环境的过度利用和干扰造成的。随着人口迅速增长，为获取生活、生产资料，人们长时间进行大规模的采伐和垦荒，对生态环境加以掠夺式的利用。造成以下后果。

(一) 森林破坏 全世界森林覆盖面积 19 世纪时约 55 亿 hm^2 ，1995 年下降约 35 亿 hm^2 。目前世界上森林每年减少约 1 200 万 hm^2 。我国现有森林面积 1.34 亿 hm^2 ，人均森林面积约 0.11 hm^2 ，仅相当于世界人均森林面积的 1/9。由于森林在生物圈的能量交换、水循环、氧与二氧化碳平衡等过程的重要作用，森林遭受破坏会引起全球性气候变化，地区生态系统退化，给环境带来一系列灾难性后果。

(二) 土地荒漠化 土地荒漠化指在干旱、半干旱和易旱的半湿润地区，主要由于人类不合理活动和气候变化等因素所造成的土地退化。包括土地沙漠化、草场退化、雨养农田和灌溉农田的退化、土壤肥力下降等导致土地生产潜力的降低和丧失。其形成过程涉及

风力侵蚀、水力侵蚀、盐渍化、涝渍化和化学污染等。全世界每年有 2 100 万 hm^2 农田由于沙漠化而失去生产能力，以直接损失的农牧业产量计每年达 260 亿美元。据统计，全世界有 3.5% 以上的土地面积处在沙漠化的直接威胁之下，它影响着 8.5 亿多人口的生存。受沙漠化威胁最严重的是干旱地区，这些地区总面积约 48.8 亿 hm^2 ，占地球总面积的 1/3 左右，其中 2/3 是发展中国家。例如，非洲西起毛里塔尼亚东至索马里的 10 个国家受到撒哈拉大沙漠的入侵威胁，该沙漠以每年 6 000 km^2 的速度扩展，吞蚀大量的良田和牧场。我国沙漠化发展也很迅速，20 世纪 80 年代以来每年以 2 400 km^2 的速度扩展，沙漠化土地占国土面积的 17.6%。

水土流失也使土地资源受到严重破坏。我国水土流失问题严重，流失面积达 179.4 万 km^2 ，占国土面积 18.7%，每年流失泥沙 50 多亿 t，带走 N、P、K 4 000 多万 t，相当于我国化肥年产量。水土流失使土质贫瘠，农业生态系统进入恶性循环；同时水土流失还造成泥沙淤积，对河流、湖泊、水库造成严重威胁。

（三）自然灾害加剧 生态环境的破坏导致自然灾害的频繁发生。最突出的就是洪涝灾害加剧，长江流域由于上游森林砍伐严重，导致中下游特大洪涝灾害发生间隔缩短；旱灾面积不断增大，据统计，20 世纪 80 年代全国受旱面积为 50 年代的 5 倍。生态失衡使鼠类天敌减少，造成鼠害猖獗，每年我国因鼠害损失粮食达 200 亿 kg 。

（四）生物多样性减少 生物多样性指地球上动物、植物、微生物的纷繁多样性和它们的遗传及变异。它不仅提供人类生存不可缺少的生物资源，也构成人类的生物圈环境。由于人类活动造成的环境破坏和环境污染的影响，目前生物物种正以惊人的速度灭绝和丧失。据估计，目前物种的丧失速度比人类干预以前的自然灭绝速度要快 1 000 ~ 10 000 倍，物种灭绝的速度比物种形成的速度快 100 万倍。我国高等植物濒临灭绝达 4 000 ~ 5 000 种，是我国高等植物总数的 15% ~ 20%，生存于我国的脊椎动物有 398 种濒危。生物多样性正以前所未有的高速度在丧失，而人们的物种保护意识还亟待加强。

二、环境污染

环境污染指由于人类活动而输入环境的各种物质或因素，超出了环境自我净化或调节的功能，使环境质量恶化，从而干扰或破坏了人们正常的生活或生产活动的现象。

自 18 世纪英国工业革命使生产力获得飞跃发展，人类对环境的污染就不断加剧。现代化大工业的出现，大幅度提高了人类使用和改造环境的能力，极大地扩展了人类活动领域，丰富了人类的物质生活条件。数以亿吨计的地下矿物资源被开采出来，投入地表之中；1 000 多万种有机化学品被合成和生产，进入环境；许许多多现代工业产品在生产和消费过程中排放大量的“三废”物质，污染了大气、水域和土壤，造成对人类和生物系统生存的威胁。

20 世纪 30 年代到 60 年代，发达国家在工业化过程中污染环境造成的严重后果相继出现，典型代表便是“八大公害”事件。“八大公害”分别是比利时马斯河谷烟雾事件（1930）、美国多诺拉烟雾事件（1948）、英国伦敦烟雾事件（1952）、日本四日市哮喘病事件（1955）、美国洛杉矶光化学烟雾事件（1943）、日本的水俣病事件（1953）、富山骨痛病事件（1931—1972）和米糠油事件（1968）。

20 世纪 70 年代到 80 年代，一些重大环境污染事件继续不断出现，如意大利塞维索化学厂爆炸造成的二噁英污染（1976）；美国三哩岛核电站泄漏（1979）；墨西哥城液化气储罐爆炸（1984）；印度博帕尔农药厂爆炸（1984）；苏联切尔诺贝利核电站爆炸而致核泄漏（1986）和瑞士山多士化学公司火灾造成化学品泄漏污染莱茵河（1986）等事件。有人把这些事件称为“新公害”，它们表现了显著的突发性和灾难性的特点。另外，环境污染已从局部、小范围演变为区域性和全球性。最突出的便是臭氧层破坏、全球变暖、酸沉降等大气污染问题以及石油泄漏等引起海洋污染问题。所谓全球性的环境问题是指出对全球产生直接影响，具有普遍性、远期性，可能发展为对全球造成危害的环境问题。它的出现意味着环境问题已不再是一个地区、一个民族、一个国家的问题，而是整个人类、整个地球共同面临、需要联合起来共同解决的问题。

第三节 环境保护与可持续发展

一、环境保护的任务

许多环境污染问题的产生，逐渐引起人们对环境污染引起灾难性后果的警觉和对环境保护的重视。20 世纪 50 年代，日本报纸开始把环境污染称为“公害”。1962 年，著名美国专栏作家雷歇·卡尔逊（Richard Carson）写出《寂静的春天》（*Silent Spring*），书中渲染了因 DDT 污染湖泊引起食物链富集导致森林生物中毒死亡而出现生态破坏的景象，该书的畅销使美国公众以至政府对防治污染，保护环境的重视，推动了环境保护科学的形成和发展。1972 年 6 月 5 日至 16 日联合国在瑞典首都斯德哥尔摩召开人类环境会议。会议组编的《只有一个地球》一书中指出“人类不只是地球上的寄居者，而是地球的主人”，提出环境问题不仅是工程技术问题，更是社会经济问题，不是局部问题，而是全球性问题。从此“环境保护”这一术语被广泛采用，环境保护科学在 multidisciplinary 交叉协作研究中，得到迅速的建立和发展。其主要内容一是如何保护和改善环境质量，二是如何合理开发和利用自然资源。从学科内容角度，它涉及到生物学、生态学、毒理学、化学、数学、物理学、工程学直至管理学；从研究对象的角度，它从大气、海洋、地壳直至各种类型的生态系统。它的根本任务是运用现代环境保护学的理论和方法，更合理地利用自然资源，深入认识和掌握污染和破坏环境的根源和危害，有计划地保护环境，预防环境质量的恶化，控制环境污染，促进人类与环境协调发展，不断提高人类的环境质量和生存质量，造福于人民和子孙后代。

二、可持续发展战略

当然，由于世界不同国家处于不同的发展程度以及世界现代文明和科学技术的飞速进步，环境保护的内容和任务都在变化，表现出明显的阶段性和区域性。20 世纪 80 年代，受人类活动引起的人口剧增、资源短缺、粮食饥荒、环境恶化和不平衡发展的全球性问题，引起国际社会的普遍关注。1987 年 2 月，世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》长篇报告中，提出了“可持续发展战略”。1992 年 6 月在巴西里约热内卢“环境与发展”大会上通过了《21 世纪议程》，体现了人类社会持续发展的思想。

可持续发展是指既满足当代人需求又不损害后代人满足其需求的能力基础的发展。其含义包括：①把发展的目标确定为满足人的基本需要，尤其先考虑摆脱贫困的问题；②发展以生物圈的承受能力为限度，通过技术进步和管理对发展进行协调和制约，以求得与生态环境的保护相适应。所以，可持续发展的基础是资源与环境，其核心是人的全面发展，其决定因素是人类活动及经济发展方式，其实质就是要协调好人口、资源、环境与发展的关系，为子孙后代形成一个能够可持续发展的基础。

可持续发展战略是建立在人类环境保护认识基础上的新发展观，它把保护环境变成全人类的共同行动，使环境保护的任务和目标有了更明确的限定，它对增强各国人民环境保护意识，推动环境保护工作和环境保护科学的发展，都具有极为重要的作用和意义。

三、我国的环境保护战略和纲领

我国是一个人口众多的发展中国家，环境问题始终是我国发展过程中的严重问题。1972年联合国召开的第一次人类环境会议，我国派代表团参加了会议。1973年8月5日至20日我国在北京召开了第一次全国环境保护会议，这次会议制定了我国环境保护的方针和《关于保护和改善环境的若干规定》，建立了环境保护机构。1979年9月第五届全国人民代表大会常务委员会第11次会议通过了《中华人民共和国环境保护法（试行）》，这一法律在10年以后即1989年12月26日正式实施。从而结束了中国环境保护工作无法可依的局面，开始走上了法制轨道。1983年12月31日至1984年1月7日，在北京召开了第二次全国环境保护会议。这次会议取得了4项主要成果：①确立了环境保护是我国的一项基本国策，从而确立了环境保护在社会经济发展中的重要地位；②制定了我国环境保护的战略方针，即经济建设、城乡建设、环境建设同步规划、同步实施、同步发展，实现经济效益、社会效益和环境效益的统一；③制定了到20世纪末的中国环境保护主要目标、步骤和措施的规划；④确定把环境管理工作作为当时环境保护工作的中心环节，力图通过环境管理解决一些可以减轻和避免的环境问题。这次会议的重要意义在于确立了我国环境保护的总方针、总政策，体现了建设具有中国特色的社会主义现代化的要求，明确了一条符合我国国情的环境保护道路。1989年4月28日召开的全国第三次环境保护会议继续推出了深化环境管理的5项制度和措施，即：①环境保护目标责任制，以签订责任书的形式，规定政府在任期内的环境目标和任务，并作为政绩考核内容；②城市环境综合整治定量考核制。考核范围包括大气环境、水环境、噪声控制、固体废弃物综合利用和处置以及城市绿化等五个方面共20项指标；③排放污染物许可证制；④推进污染集中控制；⑤继续推行限期治理。这些制度和措施使我国的环境管理走向科学化、程序化轨道。

1996年召开的全国第四次环境保护会议上，为进一步落实环境保护基本国策，实施可持续发展战略，国务院以国发31号文件又作出关于环境保护问题的十条决定：

1. 明确目标，实行环境质量行政领导负责制；
2. 突出重点，认真解决区域环境问题；
3. 严格把关，坚决控制新污染；
4. 限期达标，加快治理老污染；
5. 采取有效措施，禁止转嫁废物污染；

6. 维护生态平衡，保护和合理开发自然资源；
7. 完善环境经济政策，切实增加环境保护投入；
8. 严格环保执法，强化环境监督管理；
9. 积极开展环境科学研究，大力发展环境保护产业；
10. 加强宣传教育，提高全民族环境意识。

1992年，中国积极参加了联合国环境与发展大会，支持通过了《里约环境与发展宣言》和《21世纪议程》，签署了《气候变化框架公约》和《生物多样性公约》。大会之后，世界各国纷纷制定对策和措施，实施可持续发展战略。我国提出了解决环境与发展问题的十大对策：①实行可持续发展战略；②采取有效措施防治工业污染；③深入开展城市环境综合整治，认真治理城市“四害”；④提高能源利用效率，改善能源结构；⑤推广生态农业，坚持不懈地植树造林，切实加强生物多样性保护；⑥大力推进科技进步，加强环境科学研究，积极发展环境保护产业；⑦运用经济手段保护环境；⑧加强环境教育，不断提高全民族的环境意识；⑨健全环境法制；强化环境管理；⑩参照环发大会精神，制定我国行动计划。1994年3月25日，国务院常务会议通过《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》和《中国环境保护21世纪议程》。这两个文件和十大对策，就是我国未来一个阶段环境保护工作的行动纲领和中心任务。

复 习 思 考 题

1. 怎样理解社会因素对人类环境的作用？
2. 什么是环境问题？当前突出的环境问题有哪些？
3. 可持续发展的含义是什么？它的提出对环境保护有何意义？

第二章

环境生态学基础

第一节 生态系统

一、生态系统的概念

(一) 生态系统的定义 系统是由相互联系、相互作用的若干要素结合而成的表现出一定功能的整体。构成系统的要素具有如下两个特点：①系统要素之间相互联系、相互作用、相互制约，按照一定的方式结合成一个整体；②系统要素在相互联系和相互作用之后，必须产生与各个组成部分不同的新功能，这个功能又叫整体功能。一堆沙子、钢筋、水泥和砖瓦堆放在一起并不能产生什么用途，但如果把它们按照一定的结构建成一座楼房，就产生了新的功能。生态系统是一定空间范围内生物成分和非生物成分之间相互作用、相互依存而形成的一个功能单位，这个功能单位通过各成分间的能量流动而表现出明确的营养结构和有序的生物多样性。在自然界中，生物（包括动物、植物和微生物）的生存与周围环境（主要指阳光、温度、水分、空气、土壤等，也包括其他生物）发生着密切的关系。生物在其生活过程中，总要从环境中取得它生活所必需的能量与物质以建造自身，同时，也要不断地排出某些物质归还到环境中去。例如，绿色植物利用日光能把二氧化碳、水和矿物质合成为有机物质；食草动物，如部分昆虫、牛、羊等则依靠绿色植物合成的有机物生存；狼、虎、鹰等又以食草动物为其生活的食物来源；微生物则靠分解死亡动植物残体或排泄物以获得其生命活动所需的营养物质和能量；绿色植物、动物、微生物通过呼吸代谢作用又将二氧化碳、水和营养物质归还于环境。因此，生物与生物，生物与环境总是不可分割地相互联系、相互作用着。环境各因子间也是相互影响、相互制约的。一个因子的变化可以引起其它一系列因子发生相应地改变。如光照增强，温度便会相应升高；大气相对湿度减小，土壤水分蒸发就会加快等。因此，环境各因子又是综合地作用于生物的。可见，生物与生物、生物与环境通过能量、营养物质和其他的联系，把它们结合成了一个整体。

生态系统概念最早是由英国植物生态学家坦斯利（Tansley, 1935）提出的，他强调生物与环境的不可分割性。后来人们逐渐认识到生态系统是一个功能系统，具有特定的结构和功能。对生态系统的研究在 20 世纪 60 年代初就引起各国科学家的重视，曾被国际生物学家计划（IBP）、人与生物圈计划（MAB）和国际地圈生物圈计划（IGBP）等列为重点研究对象。在我国也建立了多个生态系统的定位研究站（包括寒温带真叶林、温带草原和亚热带森林），开展与我国现代化建设紧密相关的生态系统课题研究。

(二) 生态系统结构 生态系统是如何构成？从空间结构上看，生态系统可大可小，一口池塘，一片树林，大至海洋，小至一滴水都可以相对地看作是一个生态系统。生态系

统的结构主要是指营养结构，从营养结构上讲，生态系统包括两大部分：非生物成分和生物成分。

1. 非生物成分 由非生命物质构成的无机和有机环境。包括：①无机成分，指参与到物质循环中的无机元素和化合物，如： C 、 N 、 CO_2 、 O_2 、 P 、 K 、 Ca 等；②有机成分，指联结生物成分和非生物成分的有机物质，如蛋白质、糖类、脂类和腐殖质等；③气候状况，如：温度、湿度、气压等。

2. 生物成分 指在生态系统中的所有生物种类。根据在生态系统中所处的地位和作用不同，可以分为生产者、消费者和分解者三大类群。

(1) 生产者 生产者是指能制造有机物质的自养生物，主要是绿色植物，也包括少数自养生活的菌类。绿色植物通过光合作用，把二氧化碳、水和无机盐合成为有机物质，把太阳光能以化学能的形式固定在有机物中。这些有机物质是生态系统中其他生物维持生命活动的食物能源，故把绿色植物称为生产者。除绿色植物外，光能合成细菌和化能合成细菌也能把无机物质合成为有机物质。但化能合成细菌在合成有机物时，不是利用太阳光能，而是靠氧化无机化合物取得能量。如硝化细菌，能将氨氧化为亚硝酸和硝酸，利用氧化过程中释放出来的能量，把二氧化碳和水合成为有机物。虽然光能合成细菌或化能合成细菌合成的有机物质不多，但它们对某些营养物质的循环却有重要意义。

(2) 消费者 消费者是指直接或间接利用绿色植物所制造的有机物质作为食物能源的异养生物，主要指各种动物，也包括某些腐生或寄生的菌类。根据营养方式的不同又可分为：①草食动物又称初级消费者，是直接以植物体为营养的动物。如反刍动物中的牛、羊，昆虫类的各种作物害虫等。②肉食动物，以食草动物作为食物的动物。包括次级消费者和三级消费者等。次级消费者以初级消费者为食，三级消费者又以次级消费者为食。

肉食动物中的一类特殊类群是寄生动物，它们寄生于其他动植物体中，靠吸取宿主营养为生。如有益昆虫金小蜂产卵在棉铃虫体内，孵化后的幼虫吸取棉铃虫体内的养分生活。

如果我们将生态系统中的生产者称为第 1 营养级，那么食草动物占有第 2 营养级，以食草动物为生的肉食动物，例如狐，既食鼠类，又食浆果，甚至还食动物尸体，占有好几个营养级。

(3) 分解者 主要指微生物，也包括某些以有机碎屑为食物的动物如蚯蚓和腐生动物等。它们也是异养生物，以动植物的残体和排泄物中的有机物质作为维持生命活动的食物能源，把复杂的有机物分解，并释放出能为生产者所重新利用的简单化合物，其作用正与生产者相反。分解者在生态系统中的功能非常重要，倘若没有分解者将死亡的有机体和排泄物转化为生产者可以再度利用的营养，那么，可供植物利用的营养元素总有一天会被用尽，而死亡的有机体和一些废弃物也会堆积成山，物质不能循环，生态系统将毁灭。

(三) 生态系统的类型 依据不同的标准，可将生态系统划分成不同的类型。依基质和生境的不同，可以把地球上的生态系统分为两类：一是水体生态系统，占地球表面 $\frac{2}{3}$ 包括海洋和陆地上的江河湖沼等水域。根据水环境的物理、化学性质又可分为：海洋生态系统和淡水生态系统。淡水又分为流水（河、溪）生态系统和静水（湖、泊）生态系统。二是陆地生态系统。根据地球纬度及水、热等环境因素，按植被的优势类型，可分为

森林、草原、荒漠、高山、冻原等生态系统。

二、生态系统的功能

生态系统的功能主要是指生态系统的能量流动和物质循环。

(一) 生态系统的能量流动 能量的定义是作功的能力。生态系统内的能量转换服从于热力学第一定律和第二定律。热力学第一定律：能的形式可以改变，但总量保持不变。如可以从一种形式转变到另一种形式，但它不能创造，也不能消灭，一种形式的能并不能长久守恒，但能的总量在任何时候总是守恒的。热力学第二定律：①能量只能从集中形式递降成分散的形式，不能自发产生能量的转换。例如一个炉子的热可以发散到较冷的环境中使热量保持平衡；②任何一种能量的转换，总有一些能量损失掉，一种形式的能绝不会全部转换成另一种形式的能。但是，损失的能与用掉的能加在一起，仍然等于总能量。

食物链和生态金字塔，食物链是指环境中的各种生物基于能量依存关系而形成的一个有始有终的链状连接现象，例如在水体生态系统中，浮游动物取食浮游植物，草食性鱼取食浮游动物，肉食性鱼类取食草食性鱼类就形成一个食物链，即浮游植物→浮游动物→食草性鱼类→肉食性鱼类。但自然界是复杂的，表现为资源在多种生物之间的共享性，如一种浮游植物可能被许多浮游动物取食。另一方面，某一种浮游动物也可取食多种浮游植物，因此食物链就变成由许多生物相互发生联系而形成的彼此交织的网，称作食物网。

生态系统中的食物链两种类型：捕食食物链和碎屑食物链，前者是以活的动植物为起点的食物链，后者是以死生物或腐屑为起点的食物链。在大多数陆地生态系统和浅水生态系统中，生物量的大部分不是被取食，而是死后被微生物所分解，因此能流通过碎屑食物链为主。例如，一个杨树林的生物量除 6% 被动物取食外，其余 94% 都是在枯死后被分解。只有在某些水生生态系统中，捕食食物链才会成为能流的主要通道。例如水体中某些植食性的原生动物在 7~14d 内就可将 99% 的某种浮游藻类吞食掉。

一个营养级是指在食物链某一环节上的所有生物种的总和，因此营养级之间的关系已经不是指一种生物和另一种生物之间的营养关系，而是指一类生物和处在不同营养层次上另一类生物之间的关系。

生态金字塔是指各个营养级之间的数量关系，这种关系可采用生物量单位、能量单位和个体数量单位，采用这些单位所构成的生态金字塔分别称为生物量金字塔、能量金字塔和数量金字塔。生物量金字塔以生物组织的干重表示每一个营养级中生物的总重量。数量金字塔是用不同营养级上的生物个体数量来构成的金字塔。能量金字塔则是利用各营养级所固定的总能量值的多少来构成的生态金字塔。

能量流，是指能量从一个营养级通过食物关系转向相邻高等营养级的现象。生态系统中的能流有 3 种。第一种能流：绿色植物将太阳能转化为生物能，再由一级消费者如草食动物取食消化构成二级生产者，再由二级消费者如肉食动物构成三级生产者等等，但一般不会超过 5~6 级生产者；能量逐渐下降，最终全部消散归还于环境，构成第一个能流。第二种能流是还原过程或称腐化过程。死的生物有机体，由一级、二级和三级等不同的腐生生物进行分化分解，最后还原为水和二氧化碳等无机物质为止，能量随之消散。第三种能流是贮存过程和矿化过程，由初级生产者转化过来的生物物质和能量，

在以上两个过程中，只能销毁一部分，还保留着一大部分物质和能量，转入贮存过程和矿化过程，为人类的需要蓄积丰富的财富。例如大量的木材、植物纤维和粮食等，可以贮存上千年或更长久，但最终还是腐化还原，完成生态系统的化石燃料如煤和石油等，成为近代工业原料或燃料，经过燃烧或风化，散失全部能量，终于完成了生态系统全部过程。

(二) 生态系统的物质循环 生态系统的物质循环是指构成生态系统的物质元素在生物体和周围环境如土壤、水体和大气之间的循环。据此可将物质循环划分成三种类型：地球化学循环、生物地球化学循环和生物化学循环。

1. 地球化学循环 指不同生态系统之间化学元素的交换，距离可能很近，如坡上和坡下，或者很远，如海洋和内陆。地球化学循环的空间范围相当大，可以是全球性的大循环。这种循环一般不会重复同一空间路线，一旦某养分离开某生态系统，可能永不再返回。时间范围也可能相当长，如海底沉积的养分，可长达数百万年。但也许很短，如 CO_2 进入某一森林生态系统，可在数小时内就会离去。一般将地球化学循环分为气态循环和沉积循环。

(1) 气态循环 即物质元素以气态形式参与地球化学循环。碳、氢、氧、氮和硫均能以气态、固态和水溶液出入于生态系统。氮、碳和氢主要以气态形式输入和输出。

(2) 沉积循环 即物质元素以液态和固态的沉积形式参与的地球化学循环。在地球化学循环中，气态循环的元素比较少，大部分属于沉积循环。沉积循环有 3 种形式，即气象途径、生物途径和地质水文途径。

气象途径是指系统的元素以空气尘埃和降水、风侵蚀和搬运的方式进行输入、输出。陆地尘埃和花粉，海洋的盐分均可由风携带到很远距离的生态系统。干沉降物（尘埃、烟尘等）和湿沉降物（雨水、雾等）会不断将养分元素输入生态系统。

生物途径主要是指通过动物的活动使养分在生态系统之间发生再分配。例如许多动物可以在一个生态系统中取食，而在另一系统内排泄。许多鸟白天在农田里寻食，夜间返宿林中。英国的森林里有种白嘴鸭仅留在林中 8 周，排泄积累的 N、K 和 Ca 分别达 6.1、9.5 和 89.2 kg/hm²。

地质水文途径指含有下面输入、输出的生态系统的养分循环：养分输入来源于岩石、土壤矿物的风化和土壤水分及溪水溶解的养分，而养分输出则通过土壤水或地表水溶解淋失和土粒与有机物质的直接损失。在许多生态系统中，不少养分供应主要是来自风化、侵蚀和水溶解等地质水文途径，又通过风侵蚀和水溶解将养分输出系统之外。

2. 生物地球化学循环 指生态系统内部化学元素的交换，其空间范围一般不大。例如植物在生态系统内就地吸收养分，又通过落叶归还到同一地方。生物地球化学循环的特点是：绝大多数的养分可以有效地保留、积累在本系统内，其循环是遵循一定的循环路线的。

3. 生物化学循环 指养分在生物体内的再分配。这在植物体内特别明显。植物不仅靠根和叶吸收养分满足其叶、茎和根生长，还会将贮存在植物体内的养分转移到需要养分的部位，如从叶子移向幼嫩的生长点或将其贮存在树皮和体内某处。

三、生态平衡

(一) 生态平衡概念 生态平衡是指生态系统的相对平衡。生态系统的实质是把生物间的相互关系与物理的、化学的环境条件,通过能量的流动和物质的循环联系成为一个整体。任何一个生态系统都是结构和功能相互依存、相互制约的统一体。结构是功能发挥作用的基础,功能又依赖结构来完成。结构和功能相互适应,相互完善,使生态系统在一定时间内各组分通过制约、转化、补偿、反馈等处于最优化的协调状态,表现出较高的生产力,能量和物质的输入和输出接近相等,物质的贮存量相对稳定,在外来干扰下,通过自我调节可以恢复到原初的稳定状态,这就是生态平衡。

由于生态系统中的能量流动和物质循环不停地进行,生态系统各个组分及其所处的环境不断地变化,而且,任何自然因素和人类活动都会对生态系统的平衡产生影响,所以,生态平衡是相对的、暂时的动态平衡。

在演化过程中,一个生态系统可以呈现出 3 种系统状态。年青的生态系统,输入大于输出,系统内部的物质不断加大,表现为生物量不断增加,这是增长系统。成熟的生态系统,输出与输入平衡,处于稳定状态。衰老的生态系统,输入小于输出,处于负过渡状态,生物量下降,生产力衰退,环境变劣,从而引起某些生物种群迁出或消亡,原有的生态平衡被打破,导致生态系统进行逆行演替,甚至瓦解。

(二) 生态系统的自我调节 生态系统有一定的弹性,所以有一定的调节能力。生态系统内的某一环节,在允许限度内,若有变化,整个系统可以进行适当调节,维护相对稳定状态,受到轻度破坏后可以自我修复。在相对稳定状态下,系统各要素之间的关系及其相互作用趋于协调,从而保持正常的功能。例如,当某一生态系统产物被取走后,生态系统可以通过自身的结构与功能如绿色植物的光合作用合成物质,使生态系统处于相对稳定状态。

生态系统是反馈系统,它具有反馈功能,从而使其能够自我调节。在一个生态系统内,有许多对立的因素在起作用。生物要采食,而本身又可能被吃;它们一方面出生,一方面死亡;有迁出,又有移入;所有这些过程的结果,使生态系统通过调节机制而保存自身的存在。天然的生态系统在进化过程中,依靠生物和环境的相互作用,自动逼近生态平衡状态。

一般来讲,人工建造的生态系统,组分单纯,结构简单,自我调节能力较差,对于剧烈的干扰敏感,生态平衡通常是脆弱的容易遭到破坏。反之,天然生物群落中的物种多样性指数高,食物链(网)复杂,能流和物流多渠道运行,系统的自我调节能力强,生态平衡就容易维护。

需要指出的是,生态系统虽然具有自我调节能力,但只能在一定范围内、一定条件下起作用,如果干扰过大,超出了生态系统本身的调节能力,生态平衡就会被破坏。北美科罗拉多州的喀巴草原,原为印第安人的鹿场,1906 年有鹿 4 000 只,草场生态系统处于相对平衡状态。为了发展养鹿业,人们大量捕杀吃鹿的土豹、狼、山狗等食肉动物。由于鹿的天敌被捕杀过多,导致鹿的种群结构急剧扩张,到 1923 年,鹿增加到 100 000 只。鹿群过大,饲草不足,牧草以及灌木等都被啃光了。草场荒芜,难于恢复,鹿因饲草不足而

饿死的数量，远远超过了被天敌捕食的数量。这里，人们的干预破坏了生态系统的自我调节能力，造成生态灾难。

第二节 环境生态学的应用

一、城市生态学

人类生态演替过程大致可以分为 3 个阶段，即主要靠自然生态系统谋生的游牧生活阶段，主要靠农田生态系统谋生的田园生活阶段以及主要靠城市生态系统谋生的工业化、城市化阶段。当前威胁地球上每个公民的温室效应、酸雨、臭氧层耗损以及人口、资源、环境、能源和粮食危机等无一不和城市化、工业化过程密切相关。因此，作为包括人在内的生物与其周围环境之间相互关系的生态学，正逐渐从自然生态研究为中心，转向以人类活动为中心。特别是研究占世界人口 40% 以上，国民生产总值占 90% 和辅助能源占 80% 以上的城市——这个物质能量聚集、人类活动密集、环境变化剧烈的热点，已成为当今世界的紧迫任务。城市生态学是在这种形势下发展起来的。

(一) 城市生态系统 城市生态学以城市生态系统作用为主要研究对象，用生态学原理研究城市的形成与发展。城市生态系统是有燃料供能生态系统的主要类型。从生态系统的观点来看，城市尤其是工业城市是一个不完全的、异养性的生态系统，它必须靠外部提供的能量、食物、纤维和水等物质才能维持下去。城市生态系统与自然生态系统的主要区别在于：

1. 城市是以人类为中心的系统，而自然生态系统则以生物为主体，以绿色植物为中心，人只是其中很小的一部分。在城市中，人口十分密集，绿色植物的比例很小，动物的比例也不大。因此，自然生态系统营养关系形成的生态金字塔在城市生态系统中变成了倒金字塔，这种倒金字塔表明，城市生态系统是不稳定的系统。

2. 城市是一个典型的人工生态系统，那里的土地、水体、大气等都被人类活动所改造。城市中的住房、工业、企业、交通等都是“人造”的，它必然会影响城市的气候、土壤、植被和动物区系。

3. 城市的能量和物质代谢强度都很高，并与自然生态系统大不相同，与那里的物质和能量交换有重大区别。城市的能量来源主要来自化石燃料，化石燃料燃烧产生的能量大大超过了现有植物所固定的能量。

4. 城市生态系统的维持和生存，必须依赖于周围的农业、草原、森林、水体等各种生态系统，依赖于粮、油、肉、奶等农产品的输入以及工业原料的输入，而城市所产生的大量各种有机废物和无机废物，也必须有其它自然生态系统来负荷、处理和转化。

由此可见，现代的城市不是独立的、能自我维持、自我调节的生态系统，这与长期进化过程中所形成的各种自然生态系统有着本质上的区别。但城市对各种自然生态系统也不是单纯的依赖，现代城市是政治、经济、文化和信息的中心，城市对各种自然生态系统的反作用也是巨大的，当然，这里包括有积极的和消极的影响两个方面。

(二) 城市生态系统的结构与功能 从结构上讲，城市生态系统可分为社会、经济、自然 3 个亚系统。它们交织在一起，相辅相成，相互作用，导致了城市这个复合体复杂的

矛盾运动。社会生态亚系统以人口为中心，包括基本人口、服务人口、抚养人口、流动人口等。该系统以满足城市居民的就业、居住、交通、供应、文娱、医疗、教育及生活环境等需求为目标，为经济系统提供劳力和智力。它以高密度的人口和高强度的生活消费为特征。经济生态亚系统以资源为核心，由产业、建筑、交通、贸易、金融、信息、科教等子系统组成，它以物质从分散向集中的高密度运转，能量从低质向高质的高强度聚集，信息从低序向高序的连续积累为特征。自然生态亚系统以生物结构和物理结构为主线，包括植物、动物、微生物、人工设施和自然环境等。它以生物与环境的协同共生及环境对城市活动的支持、容纳、缓冲及净化为特征。

城市生态系统有 3 种功能：一是生产，为社会提供丰富的物质和信息产品，包括第一生产、第二生产、流通服务及信息生产 4 类。城市生产活动的特点是：空间利用率高，系统的总生产量与自我消耗量之比大于 1，“食物链”呈线状而非网状，系统对外界的依赖性较大。二是生活，城市为市民提供方便的生活条件和舒适的栖息环境，即一方面满足居民基本的物质、能量和空间需求，保证人体新陈代谢的正常进行和人类种群的持续繁衍；另一方面满足居民丰富的精神、信息和时间需求，让人们从繁重的体力和脑力劳动中解放出来。三是还原，保证城乡自然资源的永续利用和社会、经济、环境的平衡发展，即一方面必须具备消除和缓冲自身发展给自然造成的不良影响的能力；另一方面在自然发生不良变化时，能尽快使其恢复到良好状态，包括自然净化和人工调节两类还原功能。

城市生态系统的功能是靠其中连续的物流、能流、信息流、货币流及人口流来维持的。它们将城市的生产与生活，资源与环境，时间与空间，结构与功能，以人为中心串联起来。

二、生态农业

（一）生态农业的形成与概念 世界各地都有着悠久的农业生产实践经验，以传统农业措施来维持农业生态系统的稳定和平衡。传统农业大都是取之于土地，用之于土地，基本上是依靠农业生态系统内部的能量流动和物质循环，很少从外部投入能量和物质，这样对外部条件的依赖性较小，但生产力水平较低，劳动生产率也不高，粮食和农副产品远不能满足日益增长的人口需要。当需要从单位面积上获得更多的产品时，在某些地方就出现了掠夺性的经营，不仅破坏了农业生态环境，也破坏了自然的生态平衡。

在经历工业革命以后，一些较发达的国家开始进入现代农业或称石油农业阶段。所谓石油农业，实质上是以高能量投入换取高产量，主要是依靠外加的能量和人工合成物质，如化石燃料、动力机械、农药化肥等，以物理和化学过程来部分替代人力，推动农业生产循环的速度，扩大了农业生态系统的能量流动和物质循环，以提高农业生产力。大量的能量和物质的投入，刺激了农业的发展，使农业生产率、单位面积产量和农产品的商品率大大提高，取得了显著的成效。但是石油农业也带来了一系列的不良后果，增加了农业对外部条件特别是对化石燃料的依赖性，因而加剧了能源的紧张状况，同时破坏了土壤结构、害虫与天敌之间的平衡，也污染了农业生态环境，降低了农产品的质量。

随着传统农业生产力的限制和石油农业弊端的充分暴露，世界各国都在寻找新的农业出路。实践证明，生态学理论是指导农业生产的重要基础，建立一个持续、稳定、高效的

生态农业正受到各国的重视。

生态农业，是在考虑经济学原理的基础上运用生态系统理论来研究农业生态系统，研究农业中的一些现实问题并探索现代农业发展的新模式。农业生态系统是生态农业的研究对象，是生态农业考虑问题的核心。

(二) 生态农业特点 农业生态系统是一个自然、生物与人类社会生产活动交织在一起的复杂的大系统，它是一个自然再生产与经济再生产相结合的生物物质生产过程。自然再生产过程是指种植业、养殖业与海洋渔业等，实质上都是生物的自身再生产过程，不仅受自身固有的遗传规律支配，还受光、热、水、土、气候等多种因素的影响和制约，即受到自然规律的支配。经济再生产过程，是指农业生产是按照人类经济目的进行的投入和产出，受到经济和技术等多种社会条件的影响和制约，即受社会经济规律的支配。生态农业就是利用并促进绿色植物的光合作用，将太阳能转化为化学能，将无机物转化为有机物，再通过动物饲养，以提高营养价值，使农业生态系统为社会尽可能多地提供真正的绿色农产品。因此生态农业主要有如下特点：

1. 整体协调发展 生态农业重视系统整体功能，把农业生态系统和生活经济系统内部各要素，按生态和经济规律的要求进行调控，要求农、林、牧、副、渔各业组成经营体系。还要求各要素和子系统之间协调发展，包括生物与环境之间、生物物种之间、区域内的森林、农田、水域、草地等之间以及经济、技术与生物之间相互有机地配合，使整个农业经济体系得到协调发展。

2. 提高总和功能 农业生态系统结构、组成的多样性，能提高空间和光能利用率，并有利于物质和能量的多层次利用，增加生物生产量。物种的多样性可发挥天敌对有害生物的控制作用，使有害生物与天敌保持某种数量平衡，从而减少化学药剂的使用，降低生产成本，提高产品质量。还能提高整个系统的抗逆性，抵御不良条件的侵袭。最终提高生态系统的自我调节能力，增加产品种类，提高经济效益。

3. 改善生态环境 生态农业通过对农村的自然社会经济复合生态系统结构的改造和调整，采取有效的措施，使水、热、光、气候与土壤等自然资源以及生产过程中的各种副产品和废弃物得以多层次、多途径的合理利用，减少化肥和农药的用量，逐步恢复和提高土壤的肥力，水土得以保持，污染得到控制。因此生态农业既合理地利用了自然资源，增加了物质财富和经济效益，而且逐步提高了农村生态环境的质量。

(三) 生态农业类型

1. 多层利用型 根据生物群落结构原理，即生物群落存在的水平结构和垂直结构以及时间变化的原理，按不同物种具有的不同生活习性，利用其生长过程的“空间差”和“时间差”并按种群空间生态位原理多层布置，构成一个立体结构，即分级利用、各取所需的生物群落结构，从而使有限范围内土地、空气和阳光等环境资源都得到充分而合理的利用，使经济效益、社会效益和生态效益统一，取得良好的综合效益。现有农业生产中的间作套种、林粮间作、果粮间作以及乔灌木结合等都是多层利用型的例子。

2. 综合循环利用型 综合循环利用型是从生态系统的功能出发形成的人工生态系统。生物种群在生态系统中分别扮演生产者、消费者和分解者的角色，在物质循环中发挥着不同的作用。物质可以沿着食物链分级多层次利用，通过不同食物链的配合完成它的循环。

于是可以组织农副产品的综合利用、多次增值，通过农、林、牧、副、渔各业统筹兼顾，协调发展；还可以在模拟生态系统建立的生产工艺体系中，将前一工序的废物变成下一道工序的原料，以达到资源最充分的利用，做到一举数得，既增加生产又减少污染。菲律宾玛雅农场是这方面的典型。该农场从利用面粉厂的麦皮开始，以沼气生产为纽带，形成了农、林、牧、副、渔综合发展的联合企业。

3. 引入补缺利用型 人工组建的农业生态系统，由于物种比较单调，经常出现空缺的食物链环节，使生态系统的物质和能量得不到充分的利用。通过引入新种，不仅可以使食物链完整，而且可以增加收入，提高整个生态系统的稳定性。在澳大利亚草原，原来生长的食草动物是有袋类如袋鼠等，当地的屎克螂也只能利用有袋类动物的粪便。1835年从印度、马来西亚引进了牛、羊，畜牧业得到了发展，但是几千万头牛羊排出的粪便无法分解，板结的粪便覆盖了大片草原，牛蝇大量孳生，牧草枯死，草原生态系统濒临崩溃危险。澳大利亚于1967年引进了多种屎克螂和粪金龟，它们把大量牛粪滚成球埋在地下，牛蝇减少了，牧草不仅没有被粪便覆盖，相反得到丰富的有机肥料，草原焕然一新，牧草长势良好、牛羊饲料充足，畜牧业蓬勃发展。大量的生物防治也是这方面的好的例子。

三、污染生态学

污染是人们所生活的空气、陆地和水环境的特性发生了不利于人们正常生活的改变，这种变化不但对人们的生命活动有害，而且对人们的生存条件、周围物种、支持工业活动的原料等都将产生不良的影响。污染物则是人们制造的、使用的或直接丢掉的废弃物。污染生态学是用生态学的原理研究污染物的发生、形成及迁移、转化规律，污染物对于生态系统的影响以及如何从生态系统角度来控制 and 减缓污染物的影响。

(一) 污染的类型 从生态系统的观点出发，根据污染物对系统的影响方式，可以将污染分成如下两类。

1. 难降解污染物形成的污染 难降解污染物如金属、塑料和滴滴涕等毒物，在自然界中分解很慢，因此这类物质可以在生态系统中积累，随着生态系统的生物地球化学循环或随着食物链还会产生在生物体内的浓缩，即污染物在生物体内的浓度要比环境中的浓度高出许多倍。对这类污染物的解决办法是逐渐减少排放数量直至完全停止排放。

2. 可生物降解污染物形成的污染 可生物降解污染物如生活垃圾等能很快地经自然过程或垃圾处理加工厂的机械系统分解。然而当输入环境的量超过人工和环境的分解和消释能力时，生物降解的污染物同样可以带来严重的环境问题。

(二) 生物监测 生物监测是利用生物对环境污染的反应产生的各种信息，包括群落、种群的变化以及对生物的致畸、致突变、致癌等信息来判断环境污染状况的一种手段。

1. 大气生物监测 大气污染生物监测主要是植物监测。植物群落的变化、形态解剖学上的特征以及植物生理生化反应都可以用来监测环境质量。许多种类的地衣和苔藓对大气质量比较敏感，因此通常以地衣和苔藓植物作为监测大气污染程度的指示生物。主要根据地衣、苔藓植物种类，数量分布的变化、频度、盖度及它的外部 and 内部受害症状来进行判断。

2. 水体生物监测 水体污染的生物学监测方法比较多，水生生物群落的变化、物种种类与个体数量的变化、动态特征、受害程度、水生生物体内毒物积累、突变等生态学和形态学特征，均可作为监测手段。

(三) 环境污染的生物治理

1. 废弃物的生物处理 废弃物特别是废水生物处理是目前世界上在污染处理中应用最广的一种方法。废水生物学处理的方法也在不断地完善和发展中，发展趋势是从单纯的处理技术转变为综合利用的技术，即化废为宝，污水资源化。废水生物处理的主要原理是：通过微生物产生的氧化分解有机物，然后又被藻类或其他水生植物所利用，从而使废水得到净化。在水处理过程中，微生物是以活性污泥和生物膜的形式存在并起作用的。所谓活性污泥，就是由细菌、原生动物等微生物悬浮胶体物质混杂在一起，形成的具有很强吸附、分解有机物能力的絮状颗粒；生物膜其实就是附着在填料上的薄膜状的活性污泥。

2. 城市绿化 前面谈到，城市生态系统是以人为中心的系统，人造的环境占很大比例，这是一个高度特化、远离自然状态的生态系统，人们的主要食物不是由系统的生产者（绿色植物）提供，主要是由系统外输入。城市里绿色植物最主要作用是净化调节作用，不但可以吸收 CO_2 改善空气成分，减少热岛效应，还可以吸收空气的有害气体，滞留灰尘，减少噪音等。因此，城市绿化在改善城市环境中具有举足轻重的作用。

复 习 思 考 题

1. 生态系统的概念。
2. 试述生态系统的功能。
3. 生态系统如何保持生态平衡。
4. 城市生态系统与自然生态系统的区别。
5. 什么是生态农业，其特点和类型。