

中等专业学校教材

环境水利与水资源保护

福建水利电力学校

林辉

主编

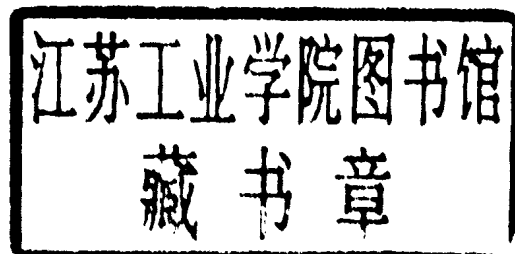


中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中等专业学校教材

环境水利与水资源保护

福建水利电力学校 林辉 主编



中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书主要包括：生态学基础知识、环境污染及其危害、水质监测与预测、水资源保护规划、水资源保护管理、水利工程环境影响评价、水环境保护与可持续发展等。本书是中等专业学校水利水电类各专业及水政水资源管理专业环境水利与水资源保护类课程的通用教材，也可供从事水利水电工程规划、可行性研究、初步设计及水政水资源管理等方面工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境水利与水资源保护/林辉主编. —北京：中国水利水电出版社，2001
中等专业学校教材

ISBN 7-5084-0742-3

I. 环… II. 林… III. ①水利工程-环境保护-专业学校-教材②水资源-环境保护-专业学校-教材 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 049874 号

书 作 出	名 者 版	中等专业学校教材 环境水利与水资源保护 福建水利电力学校 林辉 主编 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部) 新华书店北京发行所 全国各地新华书店
发 行 售	行 售	
排 印 规 版 印 定	版 刷 格 次 数 价	中国水利水电出版社微机排版中心 水利电力出版社印刷厂 787×1092 毫米 16 开本 7.25 印张 172 千字 2001 年 8 月第一版 2001 年 8 月北京第一次印刷 0001—3100 册 9.30 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

本书是根据水利部《1996~2000年普通中等专业学校水利水电类教材选题和编审出版规划（第四轮第三、四批）》编写的，可作为水文水资源、水政水资源管理、水利水电工程技术、农业水利技术等专业的“环境水利与水资源保护”类课程教材，也可供从事水利、水文、水政等方面工作的技术人员参考。

本书较为全面和系统地阐述了当前环境水利与水资源保护领域中的基本理论、水环境破坏和污染的危害、水环境管理等基础知识。主要包括：生态学基础知识、环境污染及其危害、水质监测与预测、水资源保护规划、水资源保护管理、水利工程环境影响评价、水环境保护与可持续发展等。主要目的是培养学生高度的人类水环境忧患意识和水资源保护的责任感，并努力实践可持续发展的战略思想，为毕业后从事水资源技术管理等工作打下基础。

本书绪论、第一、五、六、七章由福建水利电力学校林辉编写，第二、三、四章由山东省水利学校杜守建编写，全书由林辉任主编。北京水利水电学校宋光强任主审。

在本书编写中，承蒙各编审人员所在学校给予了大力支持，全国水利中专教研会水利水电工程专业组、农业水利技术专业组、工程管理课程组均给予了关注和指导，在此一并致谢。

本书是为新设课程而编写的教材，由于编者水平所限，时间仓促，经验不足，错误和缺点在所难免，敬请广大师生和读者批评指正。

编 者

2001年6月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一节 人类环境概述	1
第二节 环境水利与水资源保护	3
第一章 生态学基础知识	8
第一节 生态学与生态系统	8
第二节 生态系统的功能	11
第三节 生态平衡与失调	16
第二章 环境污染及其危害	18
第一节 大气污染及其危害	18
第二节 土壤污染及其危害	23
第三节 水体污染及其危害	27
第三章 水质监测与预测	34
第一节 水质监测	34
第二节 水质评价	40
第三节 水质预测	47
第四节 水环境容量	56
第四章 水资源保护规划	61
第一节 概述	61
第二节 水资源保护规划	62
第三节 费用—效益分析	68
第五章 水资源保护管理	72
第一节 水资源保护管理的概念、任务和内容	72
第二节 水资源保护管理体制	73
第三节 水资源保护管理措施	76
第六章 水利工程环境影响评价	83
第一节 概述	83
第二节 水利建设项目的环境影响评价	85
第三节 水库水环境质量评价	94
第七章 水环境保护与可持续发展	101
第一节 可持续发展的理论与实践	101
第二节 中国的可持续发展战略	102
第三节 建立可持续发展的社会环境	107
主要参考文献	112

绪 论

第一节 人 类 环 境 概 述

一、人类环境的概念及分类

人类环境，即是人类的生存环境。它是影响人类生存和发展的所有外界条件的总和。

以内容和性质划分，人类环境可以分为社会环境和自然环境两大部分。社会环境是指经济制度和上层建筑所造成的环境条件。如构成社会的基础及其相应的政治、法律、宗教、艺术、哲学的观念和机构等，人类的定居、人类社会发展阶段的情况和城市建设等，都属于社会环境的内容。它是人类在物质资料生产过程中，共同建立起来的生产关系的总和。我们说每一个人都不能离开社会单独生活，就是指人总是生活在社会环境中的。自然环境是人类赖以生存和发展的必要的物质条件，是人类周围各种自然因素的总和，即客观物质世界或自然界。

人类的社会环境和自然环境，两者之间是有着密切而又复杂关系的。人类在改造自然环境的过程中建立和发展起了自己的社会环境，同时也给自然界深深地打上各种人类社会活动的烙印。它们相互促进、互相制约的。由于人们对这一关系的研究刚刚起步，更由于自然环境对人类的影响是根本性的，因此，当前环境科学所讨论的环境主要是指自然环境。应当指出的是：引发一个环境问题的社会因素与自然因素总是共同起作用的，因此，把社会环境与自然环境加以统一讨论是寻求最佳解决办法的有效途径。

按环境的范围且侧重于自然环境方面划分，人类的环境又可以由小到大划分为聚落环境、地理环境、地质环境和宇宙环境。

1. 聚落环境

聚落环境是指人们平常聚居与活动范围内的局部自然环境。它又可分为院落环境、村落环境以及城市环境等。聚落环境具有明显的人工环境特征，其环境要素有空气、水、土壤、阳光、食品等。这是被人类首先污染，同时又首先被列为环境保护前沿阵地的环境范围。

2. 地理环境

地理环境由大气圈、水圈、土壤圈、岩石圈相互交错渗透而构成。这一环境范围与人类的生产生活密切相关，直接影响着人类的生存质量，并且具有鲜明的区域特点。例如，沙漠与河流三角洲，其地理环境差别就非常之大。

3. 地质环境

地质环境主要是指地下坚硬的地壳层，可延伸到地核内部。它可向人类提供矿产资源和化工燃料（煤、石油、天然气），同时也可能产生地震、火山爆发等灾害。

4. 宇宙环境

宇宙环境是指包括整个地球直到大气圈以外的宇宙空间。它是人类已经开始扩展和进军的、对其满怀憧憬的巨大环境领域。

目前人类的活动范围主要是在生物圈的范围之内，即大约高不超过珠穆朗玛峰，深不超

过太平洋最深处的马利亚纳海沟，厚度约 20 多 km 的这个地表圈层内，基本上与地理环境的范围相近。该圈层为地球上所有的生物提供了空气、水、土壤、岩石、阳光等生存条件，使得一切生物都在其间各得其所、繁衍生息，因此称之为生物圈。生物圈赋予了地球无限生机。

二、人类环境问题的产生和发展

我们把人类环境的劣化、恶化或者潜在的危机简称为环境问题。人类环境问题可以分为两类。一类是由自然界自身变化所引发的“天灾”，如地震、台风等，叫做原生环境问题或者第一类环境问题。另一类是由人类的活动所引发的“人祸”，如臭氧层空洞等，叫做次生环境问题或者第二类环境问题。目前环境科学所研究的主要是后者。

人类的环境问题由来已久，并且经历了四个发展阶段。而阶段的划分是以当时人类与自然界的相互关系为准绳的。

第一阶段，是大自然为主人而人类为奴隶的阶段，即人类之初。人类改造自然的意识和能力都很弱，因此其行为主要是被动地适应和利用环境。那时候人类活动所造成的环境问题与无知的野生动物觅食而引起的环境破坏力度相仿，而且由于大自然的自我修复功能，这类破坏并未对自然环境产生太大的伤害。

第二阶段，是人类与大自然相互抗衡的阶段。自从人类有了畜牧业和农业之后，他们改造自然的意识和能力节节上升，以至达到能与自然界抗衡的地步。在这阶段上，人类开始了诸如毁林开荒、围湖造田、兴修水利等规模较大的改造自然的活动。这些活动虽然大大提高了人类的社会生产力和生活文明，但是也相应造成了显著的环境问题。例如我国古代黄河流域因大面积森林被砍伐而形成的水土严重流失、生态脆弱的黄土高坡，以及古巴比伦文明的发源地——美丽富饶的美索不达米亚平原因过度垦伐而沦为不毛之地等。这一阶段占人类历史的几千年。其特点是人类对自然界虽然有了较严重的伤害，但是这种伤害仍局限于某区域，尚未对全球环境造成威胁。

第三阶段，是人类把大自然当作奴隶的阶段。这个阶段即是人类进入工业社会以来的短短的几百年。在这个阶段，人类征服大自然的斗争取得了惊人的成就，人类的物质文明进入了一个前所未有的繁荣时期。但是，由于人类采取的是一种对大自然进行掠夺式索取的手段，因此，对大自然也造成了惊人的伤害。这个阶段的特点是所产生的环境问题远远超越了地区界线，以至于对全球环境质量产生了严重的破坏。例如全球性酸雨危害和全球温室效应的危害等。

第四阶段，是人类视大自然为朋友的阶段。直到最近 30 年，人类才从自我陶醉中猛醒。因为人类遭到了大自然的报复。人们发现：虽然他们眼前的小范围内的生活似乎越来越好，但是他们将长期赖以生存的全球范围内的环境质量却越来越糟。他们污染了空气和水源，污染和劣化了土壤，南北两个臭氧层空洞导致太阳紫外线对所有地球生物的杀伤力大增。总之，他们严重地破坏了自己赖以生存的环境要素。现在我们的地球上，几乎找不到没有受污染的“清洁区”。连人迹罕至的南极的企鹅与北极苔藓地的驯鹿体内都居然检测到了 DDT，而 DDT 仅在与南北极相距十万八千里的陆地的 2% 的地方使用过，且已经停用了 20 多年！严酷的事实教育了人类：靠掠夺和损害自然环境所获得的“幸福”是得不偿失、极为有限而短暂的；人类要继续发展下去，就必须尊重自然，爱惜自然，视自然为朋友。显

然，人类必须进入这种人与环境协调发展的“第四阶段”。

三、近代环境科学简介

1. 环境科学的研究对象及任务

环境科学是以“人类—环境”系统为其特定研究对象的。它是研究“人类—环境”系统的发生和发展、调节和控制以及改造和利用的科学。

环境科学的基本任务是揭示人类与其生存环境这一对矛盾的实质，研究人类与环境之间的辩证关系，掌握它的发展规律，从而寻求解决这一矛盾的最佳途径和方法，促进人类社会更加繁荣昌盛而且持续地向前发展。

环境科学是一门应运而生的科学。它是在人类环境问题日趋严重且亟待解决的条件下降勃发展起来的。它的诞生和发展标志着人类迈入了对“人类—环境”系统进行科学调控的新纪元。

2. 环境科学的内容及分科

由于严重的环境问题产生于近代，并且需要多学科前沿知识交叉和融汇才能解决，因此环境科学又是一门新兴的科学。其内容极其丰富，其分科既相当复杂又相当年轻，以致迄今尚未成熟。

概括而言，环境科学是介于社会科学、技术科学和自然科学间的一门边缘科学，是一个多学科、跨学科的庞大科学体系。大致分为环境社会科学、环境自然科学以及环境技术科学三类。属于第一类的有环境法学、环境经济学、环境管理学等；属于第二类的有环境地学、环境化学、环境生物学、环境物理学等；属于第三类的有环境工程学、环境医学等。

3. 环境工程学简介

环境工程学是由环境学与技术科学相互交融而成的一个分支学科。它以环境污染问题为主要研究对象，以解决各种污染预防和治理中的工程技术问题为主要任务。其具体内容是预防、治理人类工农业生产和生活所排出的废气、废水、废渣对环境的污染。对这“三废”物质无害化处理与资源化利用是该学科所追求的最高目标。

第二节 环境水利与水资源保护

一、什么是环境水利问题

1949年新中国建立以来，我国工农业有了很大的发展，人民的生活水平有了很大的提高。由于工农业的发展和人口的迅速增加，需水量增加，污水排放量也增加了。目前我国广大城乡的生产和人民生活中，每天大约形成1亿t污水，其中大部分未经处理就直接排放了。全国主要江、河、湖、库都已受到不同程度的污染。许多城市的地下水也已被污染，其中有害物质含量已超过饮用水的标准。与此同时，国民经济各部门对水资源的需求量进一步加大，供需矛盾日益尖锐，使用不合理的现象亦日益突出。目前我国平均每年利用地上和地下水量约4700亿 m^3 ，开发利用率为17%。

随着工农业的发展，我国的水利建设取得了很大成就。截至1999年底，全国建成各类水库85000多座，总库容约4924亿 m^3 （为地表径流的1/6），兴建水闸31742万座，灌溉面积8亿多亩。这些水利工程从防御洪涝旱碱等自然灾害来说，是对环境的极大改善，这

是主导方面；但是，水利工程兴修不当，也会引起的局部冲刷、淤积、地下水位升降、土地淹没、次生盐碱化、沼泽化、诱发地震、气候变化、生态改变、疾病传播，以及阻鱼、碍航等环境问题。这不仅影响水利工程效益的发挥，还给国民经济和人民生活带来不利影响。

当前我国的水利工程面临着较为突出的新问题：①已经或将要开发利用的水资源的水质受到了一定程度的污染，有的甚至是严重的污染；②兴修的水利工程设施，在发挥效益的同时，也改变了环境，带来了生态环境方面的问题。这就要求水利工作者要用新的学科——环境水利学来指导开发、利用、配置、保护和管理水资源。

环境水利面临的主要问题主要有以下几方面。

(1) 工业“三废”、生活污水的任意排放，农业大量施用农药、化肥，都使水质受到污染，影响了水利设施为工农业和城市生活供水的水质。

(2) 毁林开荒、造成水土流失，增加了河流含沙量，使河床、水库淤积加剧。

(3) 围湖造田、填塘种粮，降低了天然湖泊的调蓄能力，缩小了水产面积。

(4) 流域治理在防洪、供水、灌溉、发电等方面发挥了很大效益，但是也相应地带来了种种环境水利问题。例如海河、滦河和辽河的治理，使补给渤海湾的淡水由每年约 200 亿 m^3 减少到约 100 亿 m^3 ；海河流域的大清河南支上游修了不少水库，使进入白洋淀的水量减少。

(5) 修建水库可以多目标开发、综合利用水资源，但是也出现了不少环境问题。例如，黄河素以多沙著称，平均年输沙量 16 亿 t。三门峡水利枢纽工程控制了全流域泥沙的 92%，1960 年 9 月蓄水后库区淤积严重，水库上游潼关段河床抬高，库区两岸土地浸没、盐碱、沼泽化面积增加，严重威胁着关中平原和西安市。后经改建和改变运用方式，情况才显著改善。

永定河官厅水库建成蓄水后，因泥沙淤积，总库容已减少 5 亿 m^3 ，库区周边也发生过浸没问题，致使土地沼泽化，果树死亡，房屋倒塌。后经改变运用方式和做排水工程才得以解决。

浙江新安江水电站投入运行后，由于运用失调，水位消落过度，1978 年曾大大减少发电任务，以恢复正常水位，但由于下泄水量大减，一度使杭州湾遭遇海水入侵，致使杭州市民饮用咸水一个多月。

广东新丰江水库兴建之前，当地并没有破坏性地震的记录，1955 年中仅发生过 4 次有感地震。自 1959 年蓄水后，库区地震频繁，并随库水位的升高而加剧，初步研究认为是水库蓄水导致了地质构造应力重新调整，诱发了构造地震。1962 年 3 月 19 日，库区曾发生震中震级为 6.1 级的强震。

(6) 堤防是广泛应用的防洪措施，但也会带来某些不利影响。南方大量圩垸工程的修建，降低了河湖调蓄洪水的能力，抬高了洪水位，增加了下游的洪水威胁，隔断了鱼类在河湖之间的天然洄游通道，不利于鱼类的生长繁殖。北方一些河流泥沙在河道中淤积，堤防越加越高，形成悬河，一旦决口，灾害要比没有堤防更大。华北一些洼淀历史上就是自然滞洪区，过去种植一季小麦，产量较高，修建堤防后，虽可多种一季，但也导致土地贫瘠化，丧失了洼淀原有滞洪能力。

(7) 拦河建闸控制了河道基流以资利用，但在非汛期往往使闸上游变成静水，对稀释

闸下游排入河道的污水以及对某些鱼类的洄游产卵都会带来不利影响，挡潮闸造成的海口淤积问题相当普遍。

(8) 城市环境水利问题。随着城市人口增长和工业迅速发展，许多城市水资源短缺、水源受到污染的现象已很突出。山东济南是有名的“泉城”，历来是游人如织。由于近年来过度开采地下水，水位严重下降，不少名泉日趋枯竭，有的甚至遭到不同程度的污染。从 20 世纪 60 年代开始，黄浦江上游有的江段出现污染带，江水黑臭难闻，几乎每年都达数月之久。自 1975 年以来，每年冬春蚌埠市关闭蚌埠闸期间，河水变黑发臭，沿河人民不得不另找饮用水。其他许多城市也存在类似问题。

二、水资源保护的概念

水资源保护，从广义上讲包括水量保护与水质保护两个方面。也就是要通过行政、法律、技术、经济等手段合理开发、管理和利用水资源，保护水资源的质量和供应，防止水污染、水源枯竭、水流阻塞和水土流失，以满足社会实现经济可持续发展对淡水资源的需求。水资源保护的范畴包括地表水和地下水的水量与水质。在水量方面应全面规划、统筹兼顾、综合利用、讲求效益，发挥水资源的多种功能，并注意避免水源枯竭，过量开采。同时，也要顾及环境保护要求和改善生态环境的需要。在水质方面应防治污染和其他公害，维持水质的良好状态。为此，要减少和消除有害物质进入水环境，加强对水污染防治的监督管理。总之，最终是为了保证水资源的永续利用，促进人类与环境协调发展，不断提高人类的环境质量和生活质量，造福人民，贻惠于子孙后代。

为了避免在水资源开发、规划、利用过程中的盲目性和局限性，对水资源保护应从更高的、更全面的层次来看待，即从生态学、环境学、经济学和卫生学等方面来理解水资源保护的涵义。

1. 生态学概念

从生态学观点看，水资源保护问题也是生态学问题，必须运用生态学的理论、方法和手段加以解决。

当人类开发利用水资源时，必须遵循生态规律，注意开发过程对生态系统的结构和功能的影响，并分析其影响程度、可否避免、如何弥补等。

2. 环境学概念

环境是指人类的生存环境。从这个概念出发，水资源保护的目的是为人类创造一个美好的生存环境。

人类在有目的、有计划地利用和改造环境，使之更利于自身生存和发展的过程中取得了很大成绩，但同时也给环境带来了一些消极的破坏作用。这种人为的环境问题有：①不合理地开发利用自然资源，使自然环境遭受破坏，如过量开采地下水，造成地面沉降；②经济高速发展引起的环境问题，如工业和生活污水向水体滥排，造成水体污染，水质下降。所以，对水资源保护来说，具体包括两个方面：一是保护和改善水环境质量，保护人类健康；二是合理开发和利用水资源，减少和消除有害物质进入环境，维护生物资源的生产能力。

3. 经济学概念

人类社会的发展离不开水，地区的水资源状况已成为地区社会经济发展的制约条件。水作为资源有其直接的经济效益，为社会创造财富。但是一旦受到污染就会降低甚至损失其

经济价值,造成资源浪费和损失,同时为了恢复、治理,又需要增加新的投入。

4. 卫生学概念

水是人体的重要组成部分。水质不良或受到污染,会通过饮用水或食物链危害人类健康。许多地方病和公害病就是极为典型的公共卫生问题。因此,水资源保护还有卫生的目标。

在水资源保护中,水质保护是非常重要的一个方面。随着工业生产和城市建设的迅速发展,水资源越来越严重地受到污染的威胁,使可用水资源日渐减少,直接影响生态环境和人类健康。长期以来,人们片面地追求水资源开发,而忽视水质保护,使水资源污染状况日益严重。防止水污染、保护水环境已成为当务之急。因此,水资源保护应侧重于水质保护。水质保护的内容包括水质监测、水质调查与评价、水质规划、水质预测预报,以及水质保护管理等。

鉴于一切社会和经济活动都极大地依赖于淡水的供应数量和质量,许多国家和地区面临缺水的困难,经济的发展将受到限制。而人们并未普遍认识到水资源开发对提高经济生产力、改善社会环境方面所引起的作用。为唤起公众关心水、爱惜水和保护水的意识,1993年第47届联合国大会将每年的3月22日定为“世界水日”。

三、环境水利与水资源保护研究的内容和任务

当今世界面临着经济、人口、资源和环境四大问题。水资源既是一种自然资源,又是环境的基本要素。随着经济的发展、人口的增加、人类活动对资源和环境的冲击日益加剧,一方面用水和排水大幅度增长,天然水循环愈来愈明显地受到社会水循环的影响,另一方面以调控水资源的天然时空分布为主要任务的水利工程,对环境的影响(包括有利和不利的两个方面)也已到了举足轻重的地步。因此,把环境水利与水资源保护作为一个专门学科,既研究水质也研究水量,既讲求经济效益也讲求环境效益和社会效益,既涉及自然科学也涉及社会科学,进行全面系统的研究在我国已逐步开展起来。

我们这里所讲的环境水利,既包括与环境问题有关的水利问题,例如由于“三废”污染水质影响水资源的合理开发利用,从而就有水资源的保护问题;也包括与水利问题有关的环境问题,例如水利工程对环境的影响,从而就有水利工程的环境评价问题。从水利的角度研究水利与环境之间相互关系的学科,就是环境水利学。而环境水利工作则是与环境水利有关的理论和实践的总和,它首先是水利工作同时也是环境工作的重要组成部分。

环境水利与水资源保护主要是在传统水利学科的战略、规划、政策、运行等科学技术基础上,与环境科学相互交叉而产生的边缘学科,它是运用水环境化学、环境水文学、环境水力学、环境水生生物学、模拟模型科学、生态学、环境经济学和环境系统工程等学科理论协同研究环境水利问题而发展起来的,并逐步形成了全面系统的科学体系。因此,环境水利与水资源保护主要研究的是水利与环境的相互关系,促进水利工程发挥更大的改善环境作用,并尽量减免工程对环境产生的不利影响。它既研究水利开发带来的环境问题,也研究由于环境变化对兴修水利提出的新任务与新要求,是水利科学与环境密切结合、相互渗透的新学科,也是传统的水利学科的发展和深化。它具有多学科、跨部门,综合性和边缘性强的特点。

创建这一学科,目的是希望水利工作者开拓思路,吸取环境科学的新理论,为传统的水利科学增添新的内容。要求兴建水利工程既要有工程观点、经济观点,还要有生态观点;

既要有经济效益、社会效益，还要有环境效益。

环境水利与水资源保护的主要任务是：

- (1) 研究保护和合理利用水资源及水环境问题。
- (2) 研究兴建水利工程对环境产生的影响及采取的对策。
- (3) 研究流域、区域环境水利与水资源保护的战略、规划和措施。
- (4) 研究发挥水利工程改善水质、保护环境和促进生态系统良性循环的作用。

(5) 研究与有关学科的关系，丰富和发展环境水利与水资源保护学科的理论，并使它在生产实践中日臻完善。

第一章 生态学基础知识

第一节 生态学与生态系统

一、生态学及其研究内容

自然界中的一切生物，简单如草履虫，复杂如人类，它们的生息繁衍都离不开自身所处的环境。一方面环境为所有生物提供了赖以生存的的必要条件和发展的物质基础，使生物有机体在其作用和影响下不断变异、进化、发展，呈现出一个丰富多样、色彩斑斓的生命世界。而另一方面，所有生物的生命活动（包括人类社会的生产、消费活动等）又无时无刻不在影响甚至改造着自身所处的环境。因此生物与其生存环境间实际上存在着一种动态的密切联系，表现为两者相互依存，相互制约，相互促进，相互影响。通常把专门研究生物与其生存环境相互关系的科学称为生态学。这里的生物通常指动、植物及微生物，而环境主要指大气、水、土壤等自然因素。

生态学主要从两方面研究生物和环境这两个系统间相互作用的机理和规律。一是研究生物在时空上的数量变化，一是研究生物在物质、能量交换过程中与所处环境相互依赖、制约的特定关系。例如研究某一地区飞鸟的种类、数量、迁徙、分布状况，以及森林、气候、人类活动间的关系。根据生物有机体的组织层次、种类、或栖息环境，可将生态学分成多种门类，如图 1-1 所示。从生态学角度分析环境受污染或生态系统被破坏的机理和规律，寻找防治的有效途径，这是环境保护领域中一项很重要的基础工作。

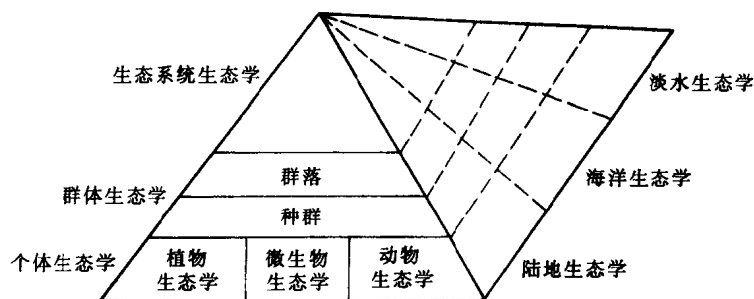


图 1-1 生态学分科

二、生态系统的概念及组成

(一) 生态系统的概念

在自然界，生物的存在与环境（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，绿色植物利用阳光把二氧化碳、水和矿物质营养元素合成有机物质建造自身，同时也为草食动物提供食物。草食动物又成为肉食动物的食物来源。这些动、植物的残体和排泄物又可以使土壤微生物得到其生命活动所需要

的物质和能量。绿色植物通过光合作用可以释放氧气,动植物和微生物的呼吸作用又产生二氧化碳、水和简单的营养物质,这些气体和营养物质又可回归于环境。通过这种不断地进行能量转换、物质循环和信息传递,将它们构成一个有机整体。

生态系统就是指一定地域(或空间)内生存的所有生物和环境相互作用的、具有能量转换、物质循环代谢和信息传递功能的统一体。例如,森林就是一个具有统一功能的综合体。在森林中,有乔木、灌木、草本植物、地被植物,还有多种多样的动物和微生物,加上阳光、空气、温度等自然条件。它们之间相互作用,这样由许多的物种(生物群落)和环境组成的森林就是一个实实在在的生态系统。草原、湖泊、农田等都是这样。

生态系统的范围可大可小。大至整个生物圈、整个海洋、整个大陆,小至一个池塘、一片农田,都可作为一个独立的系统或作为一个子系统。任何一个子系统都可以和周围环境组成一个更大的系统,成为较高一级系统组成部分。

(二) 生态系统的组成

任何一个生态系统,都由生物和非生物环境两大部分组成。生物部分按照营养方式和在系统中所起的作用不同,又可分为生产者、消费者和分解者,这三者构成生物群落。因此,一个生态系统应包括生产者、消费者、分解者以及非生物环境等四类成分。各组成成分之间的相互关系如图 1-2 所示。

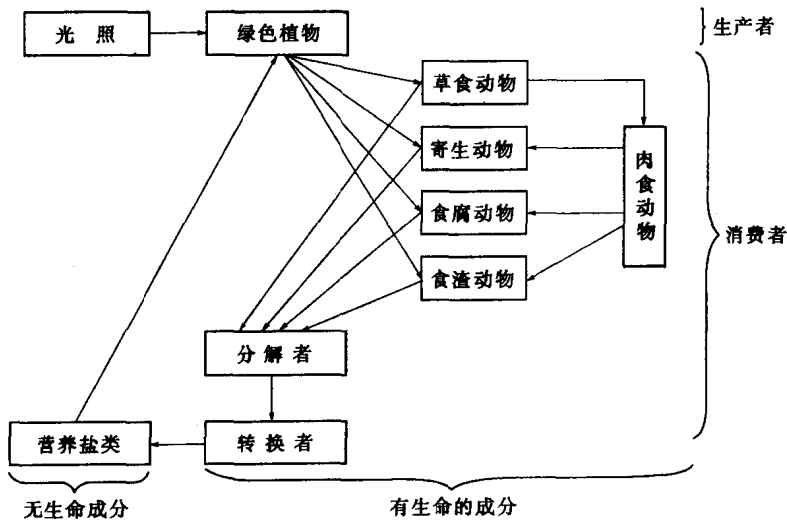


图 1-2 生态系统的组成成分及其相互关系

1. 生产者

生产者主要是指制造有机物质的绿色植物和少数自养生活菌类。绿色植物在阳光的作用下可以进行光合作用,将无机环境中的二氧化碳、水和矿物元素合成有机物质;在合成有机物质的同时,把太阳能转变成为化学能并贮存在有机物质中。这些有机物质是生态系统中其它生物生命活动的食物和能源。生产者是生态系统中营养结构的基础,决定着生态系统中生产力的高低,是生态系统中最主要的组成部分。

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和能源的异养生物,

也应包括人类本身。主要是指各种动物，也包括寄生和腐生的细菌类。根据食性的不同或取食的先后可分草食动物、肉食动物、寄生动物、食腐动物和食渣动物。按照其营养的不同可分为不同的营养级，直接以植物为食的动物称为草食动物，是初级消费者，如牛、羊、马、兔等；以草食动物为食的动物称为肉食动物，是二级消费者，如黄鼠狼、狐狸等。肉食动物之间又是弱肉强食，由此还可以分为三级、四级消费者。许多动、植物都是人的取食对象，因此，人是最高级的消费者。

3. 分解者

分解者又称还原者，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）和腐食动物。它们以动植物的残体和排泄物中的有机物质作为生命活动的食物和能源，并把复杂的有机物分解为简单的无机物归还给无机环境，重新加入到生态系统的能量和物质流中去。分解者对环境的净化起着十分重要的作用。

4. 非生物环境

非生物环境包括碳、氢、氧、无机盐类等无机物质和太阳辐射、空气、温度、水分、土壤等自然因素。它们为生物的生存提供了必须的空间、物质和能量等条件，是生态系统能够正常运转的物质和能量基础。

三、生态系统的类型与特征

生态系统是一个很广泛的概念，可以适用于各种大小的生态群落及其环境。怎样划分生态系统的类型，目前尚无统一的和完整的分类原则。根据生态系统形成的原动力和影响力，可分自然生态系统、半自然生态系统和人工生态系统三类。自然生态系统是依靠生物和环境自身的调节能力来维持相对稳定的生态系统，如原始森林等。人工生态系统是受人类活动强烈干预的生态系统，如城市、工厂等。介于两者之间的生态系统，为半自然生态系统，如天然放牧的草原、人工森林、农田、湖泊等。生态系统的类型还可以根据环境性质加以分类，可划分为陆地生态系统和水生生态系统。由于地球表面生态环境极为复杂，具有不同的地形、地貌和气候等，因而形成了各种各样的生态环境。根据植被类型和地貌的不同，陆地生态系统又可分为森林生态系统、草原生态系统、荒漠生态系统等。水生生态系统按水体理化性质不同可以分为淡水生态系统和海洋生态系统。

生态系统具有如下一些基本特征。

1. 开放性

生态系统是一个不断同外界环境进行物质和能量交换的开放系统。在生态系统中能量是单向流动的，即从绿色植物接收太阳光开始，到生产者、消费者、分解者以各种形式的热能消耗、散失为止，不能再被利用形成循环。维持生命活动所需的各种物质，如C、O、N、P等元素，以矿物形式先进入植物体内，然后以有机物的形式从一个营养级传递到另一个营养级，最后有机物经微生物分解为矿物元素而重新释放到环境中并被生物的再次循环所利用。生态系统的有序性和特定功能的产生，是与这种开放性分不开的。

2. 运动性

生态系统是一个有机统一体，总是处于不断运动之中。在相互适应调节状态下，生态系统呈现出一种有节奏的相对稳定状态，并对外界环境条件的变化表现出了一定的弹性。这种稳定状态，即是生态的平衡。在相对稳定阶段，生态系统中的运动（能量流动和物质循

环)对其性质不会发生影响。因此,所谓平衡实际上是动态平衡,也就是这种随着时间的推移和条件的变化而呈现出的一种富有弹性的相对稳定的动力过程。

3. 自我调节性

生态系统作为一个有机的整体,在不断与外界进行能量和物质交换过程中,通过自身的运动而不断调整其内在的组成和结构,并表现出一种自我调节的能力,以不断增强对外界条件变化的适应性、忍耐性而维持系统的动态平衡。当外界条件变化太大或系统内部结构发生严重破损时,生态系统的这种自我调节功能才会下降或丧失,以致造成生态平衡的破坏。当前,环境问题的严重性就在于破坏了全球或区域生态系统的这种自我适应、自我调节功能。

4. 相关性与演化性

任何一个生态系统,虽然有自身的结构和功能,但又同周围的其他生态系统有着广泛的联系和交流,很难截然分开,由此表现出一种系统间的相关性。对于一个具体的生态系统而言,总是随着一定的内外条件的变化而不断地更新、发展和演化,表现出一种产生、发展、消亡的历史过程,呈现了一定的周期性。

第二节 生态系统的功能

一、生态系统中的能量流动

(一) 能量流动的规律

能量流动是生态系统的最主要功能之一。没有能量流动就没有生命,也就没有生态系统,能量是生态系统的动力,是一切生命活动的基础。

地球上所有生态系统最初的能量,来源于太阳。太阳光能辐射到地球表面被绿色植物吸收和固定,将光能转变为化学能,这个过程就是光合作用。在光合作用过程中,绿色植物在光能的作用下,吸收二氧化碳和水,合成碳水化合物;同时,也把吸收的光能固定在光合产物分子的分子键上。贮藏起来的化学能,一方面满足植物自身生理活动的需要,另一方面也供给其他异养生物生命活动的需要。太阳光能通过绿色植物的光合作用进入生态系统,并作为高效的化学能,沿着生态系统中的生产者、消费者、分解者流动。这种生物与环境之间、生物与生物之间的能量传递和转换过程,就是生态系统的能量流动过程。

生态系统中的能量流动和转换,服从于热力学第一、第二定律。

生态系统中的能量流动,具有两个显著的特点。

一是能量在生态系统中的流动,是沿着生产者和各级消费者的顺序逐级被减少的。能量在流动过程中,一部分用于维持新陈代谢活动而被消耗,同时在呼吸中以热量的形式散发到环境中去;只有一小部分做功,用于合成新的组织或作为潜能贮存起来。因此在生态系统中能量的传递效率是很低的。所以,能流也就愈流愈细。一般来说,能量沿着绿色植物→草食动物→一级肉食动物→二级肉食动物逐级流动。通常,后者所获得的能量大体上等于前者所含能量的十分之一。称为“十分之一定律”。这种层层递减是生态系统中能量流动的一个显著特点。

二是能量流动是单一方向的。这是因为,能量以光能的状态进入生态系统后,就不能

再以光能的形式，而是以热能的形式逸散于环境之中；被绿色植物截取的光能，决不可能再返回到太阳中去；同样，草食动物从绿色植物所获得的能量，也决不能再返回绿色植物，所以，能量流动是单程的，只能一次流过生态系统，因而是非循环的，是不可逆的。

（二）能量流动的渠道

生态系统中能量的流动，是借助于“食物链”和“食物网”来实现的。食物链和食物网便是生态系统中能量流动的渠道。

1. 食物链

在生态系统中，生产者、消费者和分解者之间存在着一系列食与被食的关系。绿色植物制造的有机物质可以被草食动物所食，草食动物可以被肉食动物所食，小型肉食动物又可被大型肉食动物所食。这种以食物营养为中心的生物之间食与被食的链索关系称为食物链。食物链上的每一个环节，称为一个“营养级”。

在生态系统中，能量是通过生物成分之间的食物关系，在食物链上，从一个营养级到下一个营养级不断地逐级向前流动的。不同的生态系统，食物链长短会有所不同，因而营养级数目也不一样。例如，海洋生态系统食物链较长，营养级数目可达6~7级；陆地生态系统的营养级数目最多不超过4~5级。人类干预下的草原生态系统和农田一般只有2~3级，如谷类作物—家畜（禽）—人。保护植物，防止病虫害，许多措施依据的就是食物链理论。掌握了生物体之间的营养关系，注意量的调节，对保护动、植物资源存在着重要意义。

2. 食物网

生态系统中的食物链往往不是单一的，而是由许多食物链错综复杂地交错在一起的。例如，不仅家畜采食牧草，野鼠、野兔也吃牧草，同一种植物可以被不同的动物消费掉；另外，同一种动物，也可以取食不同种食物，例如沙狐既吃野兔，又吃野鼠，还吃鸟类。还有些动物，像棕熊既吃动物，又吃植物。所以，在生态系统中，各种生物之间通过取食关系存在着错综复杂的联系，这就使生态系统内，多条食物链相互交结、互相联系，形成网络，称为食物网。

食物网使生态系统中各种生物成分有着直接的或间接的联系，因而增加了生态系统的稳定性。食物网是生态系统中普遍而又复杂的现象，从本质上反映了生物之间的捕食关系，它是生态系统中的营养结构，又是能量流动的主要渠道。

3. 生态金字塔

人们在研究生态系统的食物链和食物网的结构时，把每个营养级有机体的个体数量、能量及生物量，按照营养级的顺序排列起来，绘制成图，同埃及金字塔的形状相似。于是人们便把这种图形称作“生态金字塔”。

食物链和食物网的结构之所以呈“金字塔”形，是由生态系统中能量流动的客观规律决定的。如前所述，生态系统中的能量流动，沿着营养级逐级上升，能量愈来愈少，这就导致前一个级的能量只够满足后一个营养级少数生物的需要。营养级愈高，生物的数量必然愈少。被食者的生物量，要比捕食者的生物量大得多。例如，在一个池塘中，要有1000kg浮游植物才能维持100kg浮游动物的生活；而100kg的浮游动物才能供10kg鱼的食料。可见，无论是从生物量，还是从能量，以及从生物的个体数目看，它们都是呈金字塔形向上递减的，这是生态系统营养结构的特点。生态金字塔有三种类型：①数量金字塔，表示各