

中国地质大学“十二五”规划教材

环境生态学

HUANJING SHENGTAIXUE

谢作明 主编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学“十二五”规划教材

环境生态学

HUANJING SHENGTAIXUE

主 编：谢作明

副主编：邢 伟 潘晓洁 王伟波 王英才



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

环境生态学/谢作明主编. —武汉:中国地质大学出版社,2015.12
ISBN 978-7-5625-3003-9

- I. ①环…
- II. ①谢…
- III. ①环境生态学
- IV. ①X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 044293 号

环境生态学

谢作明 主 编

邢 伟 潘晓洁 王伟波 王英才 副主编

责任编辑:党梅梅 张 琰 选题策划:张 琰 责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮政编码:430074

电 话:(027)67883511 传真:67883580 E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店 <http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787mm×1092mm 1/16 字数:300千字 印张:11.75

版次:2015年12月第1版 印次:2015年12月第1次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂 印数:1—1000册

ISBN 978-7-5625-3003-9 定价:38.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前言

随着人类社会经济的快速发展和人口的急剧增长,与人类生产和生活息息相关的生态环境遭受了严重破坏。影响人类生存的环境污染、生态系统退化等生态环境问题反过来又制约着人类的经济发展和社会进步。正因如此,由生态学与环境科学相互交叉、相互融合而逐步形成的新兴学科——环境生态学应运而生。所以,环境生态学的主要任务是研究人为干扰下生态系统中生物与环境之间的相互关系、生态系统结构内在的变化机制和规律,以及生态系统功能的响应,并寻求因人类活动的影响而受损的生态系统的恢复、重建和保护对策。

本书是基于运用生态学理论指导并解决重要的环境问题,来设置主要内容框架的。第一,介绍了环境生态学的产生、研究内容与研究方法及其发展趋势;第二,从生态学的角度阐述了生物个体、种群、群落与其周围环境之间的相互关系;第三,从生态系统层次上介绍了淡水、森林、草地、荒漠和矿山等典型受损生态系统的修复与重建技术;第四,从受污环境方面介绍了环境污染物的产生与毒理学效应和生态学行为,及其生态监测与评价机制;第五,从自然环境保护的角度介绍了生态学理论在生态工程设计中的应用,以及对生态资源的保护与利用和可持续发展的重要作用。

全书共分8章。第一、第六、第七章由中国地质大学(武汉)谢作明编写,第二、第八章由水利部中国科学院水工程生态研究所潘晓洁、中国科学院武汉植物园常锋毅共同编写,第三章由中国科学院武汉植物园邢伟编写,第四章由中国科学院武汉植物园王伟波编写,第五章由长江流域水环境监测中心王英才、中国科学院水生生物研究所汪志聪共同编写。全书由谢作明统稿。

本书较系统地阐述了环境生态学的基本理论与应用技术,具有培养环境类相关专业复合型人才的知识体系。本书可作为环境科学、环境工程、生态学、地球科学、大气科学、农学、林业与园林等专业的课程教材,也可作为从事环境保护、水土保持、矿山修复、农林保护方面的科技工作者和管理人员的学习参考书。

本书在编写过程中参考了大量国内外生态学领域的专著、教材和科研论文,在此向所有被引用文献的作者表示最诚挚的谢意。

由于编者的编写水平和经验有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

谢作明

2015年12月于文华楼

目录

第一章 绪论	(1)
第一节 环境问题的产生及其影响	(1)
一、环境问题的概念、产生原因和发展过程.....	(1)
二、全球性主要生态环境问题.....	(3)
第二节 环境生态学的产生、研究内容和发展趋势	(5)
一、环境生态学的定义.....	(5)
二、环境生态学的发展简史.....	(6)
三、环境生态学的研究体系和领域.....	(10)
四、环境生态学的研究方法.....	(12)
五、环境生态学的研究展望.....	(13)
第二章 生物与环境	(16)
一、生物及其进化.....	(16)
二、环境及其类型.....	(19)
三、生态因子的生态作用.....	(21)
四、生态因子作用的基本规律.....	(36)
第三章 种群生态学	(41)
第一节 种群的概念和基本特征	(41)
一、种群的概念.....	(41)
二、种群的基本特征.....	(41)
第二节 种群的动态	(50)
一、自然种群的数量变动.....	(50)
二、种群的空间动态.....	(53)
三、种群的调节.....	(53)
四、种群的适应对策.....	(55)

第三节 种群关系	(57)
一、种内关系	(57)
二、种间关系	(61)
第四章 群落生态学	(65)
第一节 群落的概念和基本特征	(65)
一、群落的概念	(65)
二、群落的基本特征	(65)
第二节 群落的物种组成	(66)
一、物种组成的性质分析	(66)
二、物种组成的数量特征	(67)
三、物种多样性	(68)
四、群落调查	(70)
第三节 群落的结构	(71)
一、群落外貌	(71)
二、群落的垂直结构	(71)
三、群落的水平结构	(72)
四、群落的时间结构	(73)
五、群落交错区和边缘效应	(74)
六、影响群落结构的因素	(74)
第四节 群落的动态	(76)
一、生物群落的内部动态	(76)
二、生物群落的演替	(77)
第五章 生态系统生态学	(82)
第一节 生态系统的概念和基本特征	(82)
一、生态系统的概念	(82)
二、生态系统的基本特征	(83)
第二节 生态系统的组成与结构	(84)
一、生态系统的组成与结构	(84)
二、生态系统组成与结构的稳定性及其作用	(85)
第三节 生态系统的功能	(86)
一、生态系统的能量流动	(87)
二、生态系统的物质循环	(89)

三、生态系统的信息传递·····	(95)
第四节 生态系统的平衡与自我调节机制·····	(96)
一、生态系统平衡及其特征·····	(96)
二、生态系统失衡·····	(98)
三、生态系统平衡的调节机制·····	(101)
第六章 受损生态系统修复与重建·····	(103)
第一节 受损生态系统的特征及形成原因·····	(103)
一、受损生态系统的概念·····	(103)
二、受损生态系统的形成原因·····	(103)
三、受损生态系统的基本特征·····	(104)
第二节 受损生态系统修复与重建的基本理论·····	(107)
一、生态修复的概念·····	(107)
二、受损生态系统修复与重建的原理·····	(108)
三、生态修复与重建的常用技术和方法·····	(109)
四、生态修复的时间与评价标准·····	(110)
第三节 典型受损生态系统的修复重建技术与实践·····	(111)
一、受损淡水生态系统的修复·····	(111)
二、受损森林生态修复·····	(115)
三、受损草地生态修复·····	(118)
四、荒漠生态修复·····	(119)
五、矿山废弃地修复·····	(121)
第七章 生态环境监测与评价·····	(124)
第一节 环境污染物及其环境毒理学效应·····	(124)
一、环境污染与环境污染物·····	(124)
二、毒物·····	(125)
三、主要污染物的环境毒理学效应·····	(125)
第二节 环境污染物的生态学行为·····	(131)
一、环境污染物的迁移、转化和富集·····	(131)
二、环境污染的生态效应·····	(134)
第三节 污染物的毒性评价方法·····	(137)
一、污染物的毒性作用·····	(137)
二、污染物的毒性评价方法·····	(140)

第四节 生态监测与生态评价·····	(142)
一、生态监测·····	(142)
二、生态环境影响评价·····	(147)
三、生态风险评价·····	(151)
第八章 生态工程 ·····	(154)
第一节 生态工程的形成与发展·····	(154)
一、生态工程的定义·····	(154)
二、生态工程学的形成与发展·····	(154)
三、生态工程学研究意义·····	(156)
第二节 生态工程学基本原理·····	(158)
一、生态学原理·····	(158)
二、工程学原理·····	(162)
三、经济学原理·····	(164)
第三节 生态工程设计思路与应用实例·····	(165)
一、生态工程设计原则·····	(165)
二、生态工程设计的一般步骤·····	(166)
三、生态工程案例——以湖泊为例·····	(167)
主要参考文献 ·····	(175)

第一章 绪论

第一节 环境问题的产生及其影响

一、环境问题的概念、产生原因和发展过程

在人类与其周围环境的相互关系中,一方面,自然条件从某些方面(如自然灾害)限制和破坏人类的生产和生活;另一方面,人类生活在环境之中,其生产和生活不可避免地对周围环境产生影响。其中,有些是积极的,对环境起着改善和美化的作用;有些是消极的,对环境起着退化和破坏的作用。这种自然条件或人类活动对环境的消极影响就构成了环境问题。从引起环境问题的根源上,可将环境问题分为两类:由自然界本身变异引起的为原生环境问题,又称第一环境问题,它主要是指火山活动、地震、台风、洪涝、干旱和滑坡等自然灾害问题;由人类的生产和生活活动引起的为次生环境问题,也称第二环境问题。在环境科学学科中着重研究的不是自然灾害问题,而是人为的环境问题,即次生环境问题。

因此,所谓环境问题,是指人类在利用和改造自然的过程中,对自然环境破坏和污染所产生的危害人类自身生存的各种负反馈效应,包括环境污染和生态环境破坏。环境污染是指人类排放的污染物对环境和人体健康造成了危害,如 SO_2 污染、农药污染、重金属污染等。生态环境破坏是指因不合理开发和利用资源而造成的自然环境的破坏,如森林破坏、水土流失、土地沙化等。

环境问题的产生是从人类对自身生存环境的破坏开始的,因此可以说,从人类诞生开始就存在着人与环境的对立统一关系,环境问题应运而生,并且随着人类社会的发展,环境问题也发生着相应变化。在原始社会,人类以采集野果和捕猎动物为生,生产力低下,对环境基本上不构成危害和破坏,即使局部环境受到了破坏,也很容易通过生态系统的自身调节得到恢复。但是,随着生产工具不断改进,生产力水平不断提高,人类改造自然的能力也随之增强,农业和畜牧业得到发展,同时出现了相应的环境问题,如大量砍伐森林、破坏草原、刀耕火种、盲目开荒而导致严重的水土流失、水旱灾害频繁和沙漠化,兴修水利和不合理灌溉引起土壤的盐渍化、沼泽化。随着工业革命的到来,人类改造自然的能力显著增强,工业迅速崛起,工业企业集中分布的工业区和城市大量涌现,城市和工矿区排出大量的废弃物,造成了不同程度的环境污染。如工业废水和城市生活污水使河流和湖泊水质急剧下降;废气排放导致烟雾污染;对矿物的大量开采使土地和植被受到严重破坏和污染,大片矿区及其邻近土地成为不毛之地。随着工业的进一步发展,能源和原材料的消耗量急剧增加,导致对自然资源开发与污染物排放达到空前规模,环境问题更加突出,震惊世界的公害事件接连不断,如著名的“八大公害”事件(表 1-1)。随着全球性环境污染和大范围生态破坏的加剧,危害严重、影响范围大的环境问题有三

大类：一是全球性的大气污染，如“温室效应”、臭氧层破坏和酸雨；二是大面积的生态破坏，如大面积森林被毁、草场退化、土壤侵蚀和荒漠化；三是突发性的严重污染事件迭起，如印度博帕尔农药泄漏事件(1984年12月)、前苏联切尔诺贝利核电站泄漏事故(1986年4月)、莱茵河污

表 1-1 八大公害事件(引自程发良, 2009)

公害事件	富山事件 (骨痛病)	米糠油 事件	四日事件 (哮喘病)	水俣事件	伦敦 烟雾事件	多诺拉 烟雾事件	洛杉矶光化学 烟雾事件	马斯河谷 事件
主要 污染 物	镉	多氯联苯	SO ₂ 、煤尘、重 金属、粉尘	甲基汞	烟尘及 SO ₂	烟尘及 SO ₂	光化学烟雾	烟尘及 SO ₂
发生 时间	1931—1975 年 (集中在 1950— 1960 年)	1968 年	1955 年以来	1953—1961 年	1952 年 12 月	1948 年 10 月	1943 年 5—10 月	1930 年 12 月 (1911 年发生 过,但无死亡)
发生 地点	日本富山县神 通川流域,蔓延 至群马县等地 7 条河的流域	日本九州爱知 县等 23 个府 县	日本四日市, 并蔓延几十个 城市	日本九州南部 熊本县水俣镇	英国伦敦市	美国多诺拉镇 (马蹄形河湾, 两岸山高 120m)	美国洛杉矶市 (三面环山)	比利时马期河 谷(长 24km, 两侧山高为 90m)
中毒 情况	至 1968 年 5 月 确诊患者 258 例,其中死亡 128 例。至 1977 年 12 月 又死亡 79 例	患病者 5000 多人,死亡 16 人,实际受害 者超过 1 万人	患者 500 多 人,其中 36 人 因哮喘病死亡	截至 1972 年 有 180 多人患 病,50 多人死 亡,22 个婴儿 生来神经受损	5 天内死亡 4000 人,历年 共发生 12 起, 死亡近万人	4 天内 43% 的 居民(6000 人) 患病,20 人死 亡	大多数居民患 病,65 岁以上 老人死亡 400 人	几千人中毒, 60 人死亡
中毒 症状	开始关节痛, 继而神经痛和 全身骨痛,最 后骨骼软化萎 缩、自然骨折, 饮食不进,衰 弱疼痛至死	眼皮浮肿,多 汗,全身有红 丘症,重者恶 心呕吐,肝功 能下降,肌肉 疼痛、咳嗽不 止,直至死亡	支气管炎、支 气管哮喘、肺 气肿	口齿不清,步 态不稳,面部 痴呆,耳聋眼 瞎,全身麻木, 最后精神失常	胸闷,咳嗽,喉 痛,呕吐	咳嗽,喉痛,胸 闷,呕吐,腹泻	刺激眼、喉、 鼻,引起眼病 和咽喉炎	咳嗽、呼吸短 促、流泪、喉 痛、恶心、呕 吐、胸闷窒息
致害 原因	食用含镉的米 和水	食用含多氯联 苯的米糠油	重金属粉尘和 SO ₂ 随煤尘进 入肺部	海鱼中富含甲 基汞,当地居 民食用含毒的 鱼而中毒	SO ₂ 在金属颗 粒物催化下生 成硫酸和硫酸 盐,附在烟尘 上,人吸入肺 部	SO ₂ 、SO ₃ 和 烟尘生成硫酸 盐气溶胶,吸 入肺部	石油工业和汽 车废气在紫外 线作用下生成 光化学烟雾	SO ₂ 、SO ₃ 和金 属氧化物颗粒 进入人肺部深 处
公害 成因	炼锌厂未经处 理的含镉废水 排入河中	米糠油生产中 用多氯联苯作 熟载体,因管 理不善,多氯 联苯进入米糠 油中	工厂大量排出 SO ₂ 和煤粉, 并含钻、锰、钛 等重金属微粒	氮肥厂含汞催 化剂随废水排 入海湾,转化 成甲基汞被鱼 和贝类摄入	居民取暖燃煤 中含硫量高, 排出大量 SO ₂ 和烟尘,又遇 逆温天气	工厂密集于河 谷盆地中,又 遇逆温和多雾 天气	汽车大量排放 烃类 1000 多 吨,盆地地形 不利于空气流 通	谷地中工厂集 中,烟尘量大, 逆温天气日有 雾

染事故(1986年11月)等。人类首次感觉到这些全球性大范围的环境污染和生态破坏问题已严重威胁着人类的生存和发展。1992年联合国在巴西里约热内卢召开的“环境与发展”大会,标志着人类对环境与发展的观念升华到了一个崭新的阶段。环境污染和生态破坏所造成的影响,已从局部向区域和全球范围扩展,并上升为严肃的国际政治和经济问题。

二、全球性主要生态环境问题

全球性环境问题的产生是多种因素共同作用的结果。随着科学技术的飞速发展,人类干扰、改造自然界的力量日益强大,环境问题出现的频率增加,强度增大,范围也更广。环境问题已从局部的、小范围的环境污染与生态破坏演变成区域性、全球性的环境问题。当今全球性环境问题可以归纳为4类,即人口问题、资源问题、生态破坏问题和环境污染问题。它们之间相互关联、相互影响,成为当今世界所关注的主要问题。

(一)人口问题

目前,全世界人口已经超过70亿,而且仍在持续增长。毋庸置疑,人口的急剧增加是引发全球生态危机和环境恶化的主要原因之一。随着人口的增长和人们生活水平的提高,人们对各类资源如土地、矿物、水资源等的利用急剧增加,排出的废物量也随之增加,从而加重资源消耗和环境污染。而地球上的一切资源都是有限的。如果人口急剧增长,超过了地球环境的合理承载能力,必将造成资源短缺、环境污染和生态破坏。因此,控制人口增长过快是解决环境压力的重要措施。但是,环境问题不仅仅是由人口增长所引发的。所以,环境问题是不能只靠控制人口的增长就可以自行解决的。

(二)资源问题

自然资源是人类生存和发展不可缺少的物质依托和条件。资源问题作为全球问题的存在绝非孤立,它总是同人口、环境、经济、社会等问题紧密地联系在一起,并构成当代全球问题的基础。随着人口的剧增和经济的发展,自然资源迅速耗损,越来越多的物种濒临灭绝,矿物能源日渐枯竭,矿产资源严重短缺,海洋生态受损严重,未来资源宝库面临浩劫。淡水资源不足,森林资源持续赤字,气候变化异常,各类灾害加剧。

土地资源损失尤其是可耕地资源损失严重,人类开发利用的耕地和牧场,由于各种原因正在不断减少或退化,而全球可供开发利用的后备土地资源已很少,许多地区几乎枯竭。森林不仅能为人类提供大量的林木资源,具有重要的经济价值,而且它还具有调节气候、防风固沙、涵养水源、保持水土、净化大气、保护生物多样性、吸收二氧化碳、美化环境等重要的生态学价值。人类受短期利益的驱使,对森林资源的过度利用,使全球森林资源锐减,造成了许多生态灾害。世界上有43个国家和地区缺水,占全球陆地面积的60%。约有20亿人用水紧张,10亿人得不到良好的饮用水,并且随着水污染日益严重,淡水资源更加紧张,水资源的短缺严重阻碍了社会经济的发展。由于过度捕捞,海洋渔业资源正急速锐减,而且海产品中的重金属和一些有机污染物等有可能对人类的健康带来威胁。人类活动使得近海水域的氮和磷含量增加,水体富营养化导致海藻大量繁殖。化石燃料是指煤、石油和天然气等地下开采出来的能源。当今人类的生产和生活都依赖于化石能源,人类无节制地使用和过度浪费这些不可再生能源,导致其逐渐走向枯竭。

(三)生态破坏问题

全球性的生态破坏主要包括植被破坏、水土流失、土地沙化、生物多样性减少等。

植被是全球或某一地区内所有植物群落的泛称,包括森林植被、草原植被等。植被是生态系统的基础,为动物和微生物提供了特殊的栖息环境,为人类提供了食物和多种有用物质材料。植被还是气候和无机环境条件的调节者,无机和有机营养的调节和储存者,空气和水源的净化者。植被在人类环境中起着极其重要的作用,它既是重要的环境要素,又是重要的自然资源。森林不仅为人类提供丰富的林木资源,而且是陆地生态系统的中心,在涵养水源、保持水土、调节气候、繁衍物种、动物栖息等方面起着不可替代的作用。但是,人们对森林在生态环境中的重要作用缺乏认识,长期过量地采伐,使消耗量大于生长量。另外,由于不合理开垦,过度放牧,重用轻养,使本处于干旱、半干旱地区的生态系统遭受严重破坏而失去平衡,导致生产力下降。另外,近年来地球气温变暖,草原地区降雨量下降,导致草原面积逐年缩小,草原植被覆盖日渐降低,草原植物种类减少。

水土流失是指在水力、风力、重力及冻融等自然力和人类活动作用下,水土资源和土地生产力的破坏和损失,包括土地表层侵蚀及水的损失。水土流失分为水力侵蚀、重力侵蚀和风力侵蚀3种类型。水土流失不仅直接破坏土壤资源,导致可耕作土地面积减少,土壤肥力下降,农作物产量降低,而且流失的泥沙进入江河、湖泊和水库,造成大量淤积,从而给地表径流带来一系列的严重后果。

土地沙化是指因气候变化和人类活动使土壤上的植被及覆盖物被破坏,形成流沙及沙土裸露而导致沙漠扩张的过程。人类造成土地沙化的主要活动包括过度放牧、开垦耕地、滥挖滥伐、不合理利用水资源。土地沙化的扩展使可利用土地面积缩小,土地产出减少,降低了养育人口的能力,成为影响全球生态环境的重大问题。

生物多样性是指在一定时间和一定地区的所有生物物种及其遗传变异和生态系统的复杂性总称。它包括遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观生物多样性4个层次。在生物进化过程中会产生一些新的物种,而随着生态环境的变化,也会使一些物种消失。近年来,由于人口的急剧增长和人类对自然资源的不合理开发,加之环境污染等原因,地球上的各种生物及其生态系统受到了极大的冲击,致使生物多样性锐减。据估计,世界上每年至少有5万个生物物种灭绝,平均每天灭绝的物种达140个。由于人口增长和经济发展的压力,对生物资源的不合理利用和破坏,中国的生物多样性所遭受的损失也非常严重,大约有200个物种已经灭绝;估计有5000种植物在近年内处于濒危状态,约占中国高等植物总数的20%;大约还有398种脊椎动物也处在濒危状态,约占中国脊椎动物总数的7.7%。因此,保护和拯救生物物种以及这些生物赖以生存的生态环境,是摆在人类面前的重要任务。

(四)环境污染问题

环境污染作为全球性的重要环境问题,主要是指温室气体过量排放造成的全球气候变化、臭氧层破坏、酸雨和酸沉降、海洋污染等。

全球气候变化主要是指全球气候变暖问题。全球气候变暖主要是由于大气中温室气体增加产生的温室效应造成的。人类活动产生大量CO₂、CH₄、N₂O、氟氯烃等气体,当它们在大气中的含量不断增加时,即产生所谓的温室效应,使气候逐渐变暖。全球气候变化对全球生态系

统带来了威胁和严峻的考验。全球气候变暖,使得气候反常,如厄尔尼诺现象等灾难性天气频发;极地冰川融化,海水膨胀,从而使海平面上升;引起气候带发生变化,如温度带北移,降水带变化,从而导致生物分布发生变化,生活在赤道的种群扩展到温带,温带的物种向极地方向扩展,导致某些地区的农作物可能会因温度的升高、CO₂浓度的增加而增产,但全球范围内农作物的产量和品种的地理分布将发生变化,并且产量会减少。

臭氧层是大气平流层中臭氧浓度相对较高的部分,是地球的保护罩。它一方面可以使地球表面温度不至过高,另一方面通过吸收太阳紫外线辐射来保护地球表面的生物免遭强紫外线的伤害。但是,臭氧层是一个很脆弱的气体层,如果一些会和臭氧发生化学作用的物质进入臭氧层,臭氧层就会遭到破坏,这将使地面受到紫外线辐射的强度增加,给地球上的生命带来很大的危害。大气中臭氧的减少使到达地面的短波长紫外辐射(UV-B)的辐射强度增加,导致皮肤病和白内障的发病率增高,破坏人体免疫系统;使植物的叶片变小,光合作用有效面积减小,光合作用受到抑制;使海洋中的浮游生物减少,进而影响水生生物的生存,并对整个生态系统构成威胁。

大气酸沉降是指 $\text{pH} < 5.6$ 的大气化学物质通过降水、扩散和重力作用等过程降落到地面的现象或过程。通过降水过程表现的大气酸沉降称为湿沉降,它最常见的形式是酸雨。通过气体扩散、固体物降落的大气酸沉降称为干沉降。酸雨降落到水体中会妨碍水中鱼虾的生长,使鱼虾减少甚至绝迹;导致土壤酸化,破坏土壤的营养,使土壤贫瘠化;危害植物的生长,造成作物减产或危害森林的生长;腐蚀建筑材料,破坏文化古迹。

海洋污染是目前海洋环境面临的最重大问题。目前局部海域的石油污染、赤潮、海面漂浮垃圾等现象非常严重,并有扩展到全球海洋的趋势。海洋石油污染不仅影响海洋生物的生长、降低海滨环境的使用价值,破坏海岸设施,还可能影响局部地区的水文气象条件和降低海洋的自净能力。赤潮生物可分泌黏液,黏附在鱼类等海洋动物的鱼鳃上,妨碍其呼吸,导致鱼类窒息死亡;赤潮生物可分泌毒素,使生物中毒或通过食物链引起人类中毒;赤潮生物死亡后,其残骸被需氧生物分解,消耗水中溶解氧,造成缺氧环境,厌氧气体(NH₃、H₂S、CH₄)的形成引起鱼、虾、贝类死亡;赤潮生物吸收阳光,遮盖海面(深达几十厘米),使水下生物得不到阳光而影响其生长、发育和繁殖;引起海洋生态系统结构变化,造成食物链局部中断,破坏海洋的正常生产过程。

第二节 环境生态学的产生、研究内容和发展趋势

一、环境生态学的定义

环境生态学(environmental ecology)是生态学的一个新分支,伴随着环境问题的出现而产生和发展,以生态学的基本原理为理论基础,结合物理学、化学、环境科学和仪器分析等学科的理论与应用技术,研究生物与受人为干预的环境之间的相互关系及其规律的一门综合性学科。因此,环境生态学是研究人为干扰的环境条件下,生态系统结构内在的变化机制和规律、生态系统功能的响应,寻求因人类活动的影响而受损的生态系统的恢复、重建、保护的生态学对策,即运用生态学理论,阐明人与环境之间的相互作用及解决环境问题的生态途径的科学。

环境生态学是环境科学与生态学之间的交叉学科,是生态学的重要应用学科之一。因此,

环境生态学既不同于以研究生物与其生存环境之间相互关系为主的经典生态学,也不同于只研究污染物在生态系统中的行为规律和危害的污染生态学,亦不同于研究社会生态系统结构、功能、演化机制以及人的个体和组织与周围自然、社会环境相互作用的社会生态学。它主要解决环境污染和生态破坏这两类环境问题。

环境生态学是生态学学科体系的组成部分,是依据生态学理论和方法研究环境问题而产生和发展的新兴分支学科。因此,在诸多的相关学科中,环境生态学与生态学的联系最为紧密。环境生态学也是环境科学的分支学科之一。人们在环境科学的研究中,发现解决大量环境问题需要运用生态学理论,环境生态学应运而生。因此,生态学和环境科学为环境生态学奠定了理论基础。

环境生态学一方面关注环境背景下生态系统自身发生、演化和发展的动态变化以及受扰后生态系统的治理与修复,另一方面致力于自然-社会-经济复合生态系统的规划、管理与调控研究。在环境科学体系中,环境生态学与环境监测和评价、环境工程、环境治理和修复以及环境规划和管理的关系尤为密切。

二、环境生态学的发展简史

(一)生态学的萌芽、建立、巩固、发展和研究内容

生态学(Ecology)一词源于希腊文 oikos,由词根“oiko”和“logos”演化而来,“oiko”意为“住所”或“栖息地”,“logos”意为“论述”或“学科”。因此,从字义上讲,生态学是研究居住环境的科学。

1866年,德国博物学家 Haeckel E 在其所著的《普通生物形态学》(*Generelle Morphologie der organismen*)一书中首先将生态学(oecologie)作为一个学科名词提出。他认为,生态学是研究生物有机体与其栖息场所之间相互关系的科学,尤指动物有机体与其他动、植物之间的互惠或敌对关系。但是,首先使用“Ecology”一词的学者是 Henry David Thoreau(1858)。1895年,日本东京帝国大学的 Miyoshi Manabu 将“Ecology”译为“生态学”。1935年,武汉大学张挺教授将“生态学”一词引入我国,被广泛使用至今。

随着生态学的发展,也由于研究背景和研究对象的差异,不同学者对生态学提出了不同的定义。1927年,英国生态学家 Charles Elton 认为生态学是科学的自然史。1945年,苏联生态学家 KaIIIkaro B 认为,生态学是研究生物的形态、生理和行为上的适应性的科学。在20世纪50年代之后,生态学已打破动植物的界限,进入生态系统时期,研究范围越来越广泛,并超出生态学的领域。1954年,澳大利亚生态学家 Andrewartha 认为,生态学是研究有机体的多度分布的科学。1958年,美国生态学家 Odum E P 认为,生态学是研究生态系统结构和功能的科学。他在其1997年出版的《生态学》(*Ecology: A Bridge Between Science and Society*)一书中指出,生态学越来越脱离生物学而成为独立的学科,是“综合研究有机体、物理环境与人类社会的科学”,并强调人类在生态学过程中的作用。1980年,我国生态学会创始人马世骏认为,生态学是研究生命系统与环境系统之间相互作用规律的科学。他同时还提出了社会-经济-自然复合生态系统的概念。

利用现代生态学的观点理解“生态学是研究生物有机体与其栖息场所之间相互关系的科学”,我们发现 Haeckel E 对生态学的定义包含着丰富的思想。“生物有机体”包括动物、植物、

微生物及人类本身,而“栖息场所”则指生物生活在其中的无机因素、有机因素,以及生物因素和人类社会。因此,至今大部分生态学家都认为 Haeckel E 对生态学的定义是最准确的。

实际上,生态学是人类在认识自然过程中逐渐发展起来的。人类在和自然的斗争中,已经认识到环境和气候对生物生长的影响,以及生物和生物之间关系的重要性。因此,生态学经历了一个漫长的历史过程,而且是多元起源的。概括地讲,大致可以分为 4 个时期,即生态学的萌芽时期、建立时期、巩固时期和现代生态学时期。

(1)生态学的萌芽时期(公元 16 世纪以前)。早在公元前 1200 年,我国《尔雅》一书中就记载了 176 种木本植物和 50 多种草本植物的形态与生态环境。公元前 200 年,《管子·地员篇》中详细介绍了植物分布与水文地质环境的关系。公元前 100 年前后,我国农历已确立了二十四节气,它反映了作物、昆虫等生物现象与气候之间的关系。在欧洲,Aristotle(公元前 384—公元前 322 年)按栖息地把动物分为陆栖、水栖等大类,还按食性分为肉食、草食、杂食及特殊食性 4 类。Aristotle 的学生、古希腊著名学者 Theophrastus(公元前 370—公元前 285 年)在其著作中曾经根据植物与环境的关系来区分不同树木类型,并注意到动物色泽变化是对环境的适应。但是,这些书籍中并没有出现生态学这一名词。

(2)生态学的建立时期(公元 17 世纪至 19 世纪末)。进入 17 世纪后,随着人类社会经济的发展,生态学作为一门科学开始成长。例如,1670 年,英国著名化学家 Boyle R 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响,标志着动物生理生态学的开端。1735 年,法国昆虫学家 Reaumur 发现,就一个物种而言,日平均气温总和任一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。1792 年,德国植物学家 Willdenow C L 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。1798 年,马尔萨斯《人口论》(*An Essay on the Principle of Population*)的发表,促进了达尔文生存斗争及物种形成理论的形成,并促进了人口统计学及种群生态学的发展。

进入 19 世纪之后,生态学得到很快发展并日趋成熟。1807 年,Humboldt A 在其出版的《植物地理学知识》一书中提出了“植物群落”“外貌”等概念,揭示了植物分布与气候条件的关系,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。1855 年,Al. de Candolle 将积温的概念引入植物生态学,为现代积温理论打下基础。1859 年达尔文的《物种起源》问世,促进了生物与环境关系的研究,使不少生物学家开始了环境诱导生态变异的实验生态学研究。

1866 年,德国博物学家 Haeckel E 首次提出了生态学定义。1895 年,丹麦植物学家 Warming E 发表了《以植物生态地理为基础的植物分布学》,后改名为《植物生态学》(*Ecology of Plants*)。1898 年,德国生态学家 Schimper A F W 发表了《以生理学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的分支科学的诞生。

(3)生态学的巩固时期(20 世纪初至 20 世纪 50 年代)。20 世纪初期,动植物生态学并行发展,各种著作和教材相继出版。在动物生态学方面,关于生理生态学、动物行为学和动物群落学等研究有了较大的进展。1906 年,Jennings H S 发表了《无脊椎动物的行为》(*Behavior of the Lower Organisms*);1913 年,美国生态学家 Shelford V E 发表了《温带美洲的动物群落》(*Animal Communities in Temperate America as Illustrated in the Chicago Region*);1927 年,Elton C 在其《动物生态学》(*Animal Ecology*)一书中提出了食物链、数量金字塔、生态位

等概念;1942年,Lindeman提出了生态系统物质生产率的渐减法则。在植物生态学方面,Clements(1938)、Whittaker(1953)、Tansley(1954)等先后提出了诸如顶级群落、演替动态、生物群落类型等重要概念,对生态学理论的发展起到了重要的推动作用。同时,由于各研究区的自然条件、植物区系、植被性质及开发利用程度的差异,植物生态学在研究方法、研究重点上各有千秋,形成了几个著名的生态学派。主要有:以美国的 Clements F E 和英国的 Tansley A G 为代表的英美学派,以研究植物群落的演替和创建顶级学说而著名,被称为动态学派;以瑞士苏黎世大学的 Rubel E 和法国蒙伯利埃大学的 Braun-Blanquet J 为代表的法瑞学派,他们把植物群落生态学称为“植物社会学”,并用特征种和区别种划分群落类型,称为群丛,并建立了比较严格的植被等级分类系统,完成了大量的植被图,常被称为植物区系学派;由瑞典乌普萨拉(Uppsala)大学的 Sernauder R 创建,其继承人 Du Rietz G E 为代表的北欧学派,以注重群落分析为特点,1935年与法瑞学派合流后,被称为西欧学派或大陆学派;以 В Н Сукачев(作者英文名不详)为代表的苏联学派,注重建群种与优势种,建立了一个植被等级分类系统,并重视植被生态、植被地理与植被制图工作。

(4)现代生态学时期(20世纪60年代以后)。20世纪60年代以来,由于工业高度发展和人口迅速增长,导致人类居住环境的污染、自然资源的破坏与枯竭,以及城市化进程的加速和资源开发规模的不断增长,迅速改变着人类自身的生存环境,造成对人类未来生活的威胁。在解决这些困扰人类问题的过程中,生态学不仅与生物学的各个分支领域相互促进,而且还与物理学、化学、地质学和数学等自然科学相互交叉,甚至超越自然科学界限,与经济学和社会学相结合。生态学成了自然科学和社会科学之间相互衔接的真正桥梁之一。随着高精度的分析测试技术、电子计算机技术、遥感技术和地理信息系统技术的发展,生态学得到了快速发展。

因为研究对象的复杂性,生态学已经发展成一个庞大的学科体系。从研究的范围和尺度来看,经典生态学主要研究个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统生态学,而现代生态学除了经典生态学的研究对象外,借助现代科学技术手段,向宏观和微观两极发展,宏观方向发展发展到整个地球生物圈,微观方向发展发展到分子生态学。

随着现代生态学的进一步发展,生态学不再仅仅是一门解释自然规律的科学,而且还成为改造自然的武器。因此,生态学在理论与应用两方面向更深层次方向发展。理论生态学涉及生态学进程、生态学关系的数学推理及生态学建模,而应用生态学则是将生态学原理应用于改造自然,如农业生态学、森林生态学、草地生态学、城市生态学、污染生态学、恢复生态学、人类生态学等。生态学还与其他学科相互渗透而产生边缘学科,如化学生态学、物理生态学、经济生态学、生态伦理学等。

(二)环境科学的形成、发展和研究内容

环境科学是20世纪50年代后,由于环境问题的凸显而诞生和发展起来的一门新兴学科。随着全球性环境污染与破坏的日益加剧,人类生存空间受到严重威胁,引起人类思想的极大震动和全面反省。1962年,美国海洋生物学家 Rachel Carson 在其出版的《寂静的春天》(*Silent Spring*)一书中说明了杀虫剂污染造成了严重的生态灾害。该书促使环境保护事业在美国和全世界迅速发展,推动了世界上许多科学家,包括生物学家、化学家、物理学家、地理学家、医学家、工程学家和社会学家,对环境问题共同进行调查和研究。1972年,英国经济学家 Ward B 和美国微生物学家 Dubos R 受联合国人类环境会议秘书长 Strong M 的委托,主编出版了《只