



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境生态学

第二版

李洪远 主编

孟伟庆 单春艳 鞠美庭 副主编



化学工业出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境生态学

第二版

李洪远 主编

孟伟庆 单春艳 鞠美庭 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统介绍了环境生态学的主要内容。全书内容框架根据环境类专业学生的知识背景来设置,第1章对环境生态学做导入性概述,第2~7章介绍了生态学的基础知识,第8~12章介绍了退化生态系统以及生态系统层面上的管理,第13、14章介绍了生态系统可持续管理的途径及全球生态问题。本书内容适度、结构合理,各章均附有学习要点、核心概念、课后复习、课后思考及推荐阅读文献。

本书适合作为高等院校环境类专业以及非生物专业本科生的教材,也可供从事环境保护工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境生态学/李洪远主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2011.6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-122-10873-9

I. 环… II. 李… III. 环境生态学-高等学校-教材
IV. X171

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第051042号

责任编辑:满悦芝
责任校对:宋 玮

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数431千字 2012年1月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00元

版权所有 违者必究

前言

环境生态学作为环境科学与生态学相互交叉、相互融合而逐步形成的一门新兴学科，其产生的背景是由于人类赖以生存的地球环境的不断恶化，全球气候变化、酸沉降、生物多样性丧失、生态系统退化、环境污染等生态环境问题越来越严重地威胁到整个地球生命系统。环境生态学以研究人为干扰的环境条件下生物与环境之间的相互关系为主要任务，以受损和退化生态系统作为研究对象，通过对环境变化所导致的生态系统结构和功能的变化机制和规律的研究，探索人类干扰活动对环境的影响效应，以寻求解决环境问题的生态学途径。

由于环境生态学理论基础之一的环境科学本身也是一门新兴学科，与其他新兴生态学分支学科相比，环境生态学在学科体系和内容框架上仍然不成熟，需要继续探索和逐步完善。目前，国内外与环境生态学相关的专著和教科书越来越多，尤其是国内环境类专业普遍开设了环境生态学课程，新的教材不断涌现，客观上推动了环境生态学学科的发展。但教材普遍存在3个问题：其一，与其他生态学分支学科内容上交叉重叠过多；其二，环境科学的内容纳入过多，生态学基础知识过少；其三，教材体系和内容编排上各式各样。究其原因，是由于编者所在院校的环境学科形成背景和课程体系设置的差异所致。环境学科基础深厚、课程体系健全的院校，与环境生态学相关的课程设置完善，故有些章节的内容会简化很多；而没有设置这些相关课程的院校，则会在课程和教材中比较系统、全面地加以介绍。这些内容包括“污染生态学”、“生态监测”、“生态影响评价”、“城市生态学”等。不少环境生态学教材中这些内容所占篇幅过大，而相对弱化了基础生态学的内容。如果是在环境学科发展比较完善的院校使用，由于以上内容都设有相关的课程，学生们就会感到重复的知识太多，而真正希望了解的生态学知识又不足；如果是在环境学科尚处于发展初期的院校使用，又会因为相关课程设置不够完善，很多内容会集中在这门课程里讲授，学生们同样会因为缺乏生态学的背景知识而对有些内容感到茫然。

基于以上问题的思考，在确定编写本教材之初，编写组反复讨论并几次修改大纲，最后教材形成以下特色。

1. 环境生态学毫无疑问是环境科学与生态学交叉的产物，但归根结底是生态学的一门分支学科。因此，本教材在内容的设置上，考虑到环境类专业学生生物学相关基础知识缺乏的特点，仍然把基础生态学的内容作了较为系统的介绍，重点放在生物与环境、种群、群落和生态系统等有关基本概念和基本原理，没有弱化经典生态学的这部分内容。

2. 环境生态学的研究重点是人类干扰下受损生态系统的变化机制以及恢复和保护策略。在内容框架设置上，除了经典生态学的基础知识不可或缺之外，重点考虑了景观生态系统、退化生态系统、生物多样性与保育、生态系统服务、生态系统健康管理、生态监测与评价等生态与环境密切相关的内容。

3. 增设了“生态系统可持续发展途径”一章，编者认为：与生物多样性保育、生态系统健康管理、退化生态系统恢复以及生态监测与评价等生态系统管理手段相比，生态规划、

生态城市建设与生态工程则是人类更为积极主动地依据生态学原理，实现社会、经济和环境协调发展的有效途径。

本书由李洪远（南开大学）主持编写，并负责制订教材的编写大纲和内容框架，孟伟庆（天津师范大学）、单春艳（南开大学）、鞠美庭（南开大学）担任副主编。参加编写人员：李洪远（第1、2、4、8、9章），孟伟庆（第6、7、13、14章），单春艳（第3、5、7、10、11、12章），鞠美庭（第5、10、11章），莫训强（第8、9章），闫维（第7、12章），李姝娟（第2、12章），王秀明（第1、14章），吴璇（第14章），郝翠（第6章），程晨（部分图表处理）。由孟伟庆负责对全书统一编排、图表处理。最后由李洪远统稿并定稿。

本书在编写过程中参考了很多国内外生态学领域的著作、教材和科研成果，在此向作者表示诚挚的敬意和感谢。

环境生态学尚处于不断充实和完善的阶段，尽管编者在教材内容和体系框架上都力求有所突破，但不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

李洪远

2011年4月于南开园

目 录

1 绪论	1
1.1 环境生态学的产生及其发展历程	1
1.1.1 环境生态学的概念	1
1.1.2 环境生态学的形成与发展	2
1.1.3 环境生态学的主要研究内容	3
1.1.4 环境生态学的研究方法	4
1.2 环境生态学的理论基础	5
1.2.1 生态学	5
1.2.2 环境科学	8
1.3 环境生态学的相关学科	9
1.3.1 景观生态学	9
1.3.2 城市生态学	10
1.3.3 恢复生态学	10
1.3.4 保育生态学	10
1.3.5 环境生物学	10
1.3.6 污染生态学	10
1.3.7 生态经济学	11
1.3.8 人类生态学	11
[课后复习]	11
[课后思考]	11
[推荐阅读文献]	11
2 生物与环境	12
2.1 生物与环境的关系	13
2.1.1 环境的概念和类型	13
2.1.2 环境的基本功能和特性	13
2.1.3 环境因子分类	14
2.1.4 生物与环境的相互作用	15
2.2 生态因子的概念和特征	15
2.2.1 生态因子的概念	15
2.2.2 生态因子的分类	16
2.2.3 生态因子作用的一般特征	16
2.3 生态因子研究的一般原理	17
2.3.1 利比希最小因子定律	17
2.3.2 谢尔福德耐受性定律	17
2.3.3 生态幅	17
2.3.4 限制因子	18
2.3.5 生物内稳态及耐受限度的调整	19
2.4 主要生态因子的生态作用	19
2.4.1 光因子的生态作用	19
2.4.2 温度因子的生态作用	24
2.4.3 水因子的生态作用	28
2.4.4 土壤因子的生态作用	33
[课后复习]	39
[课后思考]	39
[推荐阅读文献]	39
3 种群生态学	40
3.1 种群的概念和基本特征	41
3.2 种群的空间格局	42
3.2.1 种群的地理分布	42
3.2.2 种群的内分布	42
3.2.3 集群和阿利规律	43
3.3 种群的动态	44
3.3.1 种群密度	44
3.3.2 种群统计	45
3.3.3 种群增长	48
3.3.4 种群的数量变动	51
3.4 种群的调节	53
3.4.1 种群调节与调节因素	53
3.4.2 外源性因子调节学说	54
3.4.3 内源性因子调节学说	54
3.5 种群的繁殖	55
3.5.1 繁殖成效	55
3.5.2 繁殖格局	56
3.5.3 繁殖策略	56
3.6 种内关系和种间关系	57
3.6.1 种内关系	57
3.6.2 种间关系	59
3.6.3 协同进化	62

[课后复习]	63	[推荐阅读文献]	63
[课后思考]	63		
4 群落生态学	64		
4.1 生物群落的概念和特征	65	4.3 生物群落的演替	77
4.1.1 生物群落的概念	65	4.3.1 演替的概念	78
4.1.2 生物群落的基本特征	65	4.3.2 演替的类型	78
4.1.3 生物群落的性质	66	4.3.3 演替系列	79
4.1.4 生物群落的种类组成	66	4.3.4 演替顶级学说	81
4.2 生物群落的结构	71	4.3.5 控制演替的主要因素	82
4.2.1 群落的结构要素	71	4.4 群落的分类与排序	84
4.2.2 群落的垂直结构	73	4.4.1 群落分类	85
4.2.3 群落的水平结构	73	4.4.2 群落排序	87
4.2.4 群落的时间格局	74	[课后复习]	87
4.2.5 群落的交错区和边缘效应	74	[课后思考]	88
4.2.6 影响群落的结构因素	74	[推荐阅读文献]	88
5 生态系统生态学	89		
5.1 生态系统概述	89	5.4 生态系统中的物种流动	114
5.1.1 生态系统的概念和特征	89	5.4.1 物种流动的基本概念	114
5.1.2 生态系统的组成	91	5.4.2 物种流动的特点	114
5.1.3 生态系统的结构	93	5.5 生态系统中的信息流动	114
5.1.4 生态效率	97	5.5.1 物理信息	115
5.2 生态系统中的能量流动	99	5.5.2 化学信息	115
5.2.1 生态系统中的初级生产	99	5.5.3 行为信息	115
5.2.2 生态系统中的次级生产	102	5.5.4 营养信息	115
5.2.3 生态系统中的物质分解	103	5.6 生态系统的平衡与调节	116
5.2.4 生态系统中的能量流动	105	5.6.1 生态平衡的概念	116
5.3 生态系统中的物质循环	108	5.6.2 生态系统平衡的基本特征	116
5.3.1 物质循环的一般特点	108	5.6.3 生态平衡的调节机制	117
5.3.2 水循环	110	[课后复习]	118
5.3.3 气体型循环	111	[课后思考]	118
5.3.4 沉积型循环	112	[推荐阅读文献]	119
5.3.5 有毒物质循环	114		
6 景观生态学	120		
6.1 景观生态学概述	121	6.3.1 斑块的功能	137
6.1.1 景观的含义	121	6.3.2 廊道的功能	137
6.1.2 景观生态学的产生和发展	122	6.3.3 基质的功能	137
6.1.3 景观生态学的研究内容	123	6.3.4 网络的功能	138
6.1.4 景观生态学的重要概念	125	6.4 景观生态学的研究方法	138
6.2 景观要素与景观格局	127	6.4.1 遥感技术	138
6.2.1 斑块	127	6.4.2 数量方法	138
6.2.2 廊道	130	6.5 景观生态学的应用	140
6.2.3 基质	131	6.5.1 生态系统管理	140
6.2.4 景观结构	133	6.5.2 土地利用规划	141
6.2.5 景观格局	135	6.5.3 城市景观生态建设	141
6.3 景观的功能	137	6.5.4 自然保护区规划	141

[课后复习]	142	[推荐阅读文献]	142
[课后思考]	142		
7 地球上的主要生态系统类型	143		
7.1 海洋生态系统	144	7.3.2 森林生态系统	153
7.1.1 海洋环境特征	144	7.3.3 草地生态系统	157
7.1.2 河口生态系统	146	7.3.4 荒漠生态系统	159
7.1.3 红树林生态系统	147	7.3.5 苔原生态系统	160
7.2 淡水生态系统	149	7.4 人工生态系统	161
7.2.1 湿地生态系统	149	7.4.1 农业生态系统	161
7.2.2 河流生态系统	150	7.4.2 城市生态系统	163
7.2.3 湖泊生态系统	151	[课后复习]	168
7.3 陆地生态系统	151	[课后思考]	168
7.3.1 陆地生态系统分布规律	151	[推荐阅读文献]	169
8 退化生态系统的恢复	170		
8.1 人类干扰与退化生态系统	170	8.3.2 生态恢复的技术方法和程序	177
8.1.1 退化生态系统及其成因	170	8.3.3 生态恢复的时间与评价标准	178
8.1.2 退化生态系统的类型和特征	171	8.4 典型退化生态系统的恢复	180
8.1.3 全球退化生态系统现状	173	8.4.1 森林生态系统的恢复	180
8.2 恢复生态学基本理论	174	8.4.2 草地生态系统的恢复	181
8.2.1 生态恢复与恢复生态学	174	8.4.3 淡水生态系统的恢复	181
8.2.2 恢复生态学研究对象和主要内容	174	8.4.4 海岸带生态系统的恢复	182
8.2.3 恢复生态学的理论基础	175	8.4.5 农业弃耕地的恢复	183
8.3 退化生态系统恢复的原理与方法	176	[课后复习]	183
8.3.1 生态恢复的目标和原则	176	[课后思考]	183
9 生物多样性与保育	185	[推荐阅读文献]	184
9.1 生物多样性概述	185	的设计与管理	191
9.1.1 生物多样性的概念	185	9.2.4 景观尺度上的保护与管理	194
9.1.2 生物多样性的价值和用途	187	9.3 生物多样性监测与管理	195
9.1.3 生物多样性危机及产生原因	188	9.3.1 生物多样性监测	195
9.1.4 生物多样性研究	189	9.3.2 生物多样性管理	196
9.2 保育生物学与生物多样性保护	190	9.3.3 生物多样性立法和国际公约	196
9.2.1 保育生物学的产生	190	[课后复习]	197
9.2.2 种群和物种的保护:就地保护与易地保护	191	[课后思考]	197
9.2.3 群落和生态系统的保护:自然保护区		[推荐阅读文献]	197
10 生态系统服务	198		
10.1 生态系统服务的概念	198	10.2.7 减缓干旱和洪涝灾害	200
10.2 生态系统服务的主要内容	199	10.2.8 净化空气和调节气候	201
10.2.1 生态系统的生产	199	10.2.9 休闲、娱乐	201
10.2.2 产生和维持生物多样性	200	10.2.10 精神文化的源泉	201
10.2.3 传粉、传播种子	200	10.3 生态系统服务的价值评估	201
10.2.4 控制有害生物	200	10.3.1 生态系统服务价值评估的“经济学”意义	201
10.2.5 保护和改善环境质量	200	10.3.2 生态系统服务价值的特征	202
10.2.6 土壤形成及其改良	200		

10.3.3 生态系统服务价值的评估 类型	202	10.3.5 全球生态系统服务的价值	205
10.3.4 生态系统服务价值的评估 方法	203	[课后复习]	206
		[课后思考]	206
		[推荐阅读文献]	206
11 生态系统健康与管理	207		
11.1 生态系统健康	207	11.3.2 FEMAT 的生态系统管理 目标	215
11.1.1 生态系统健康的定义和内涵	207	11.3.3 FEMAT 的生态系统管理 参数	215
11.1.2 生态系统健康的标准	208	11.3.4 FEMAT 的生态系统健康 指标	216
11.1.3 生态系统健康管理的原则	208	11.3.5 空间尺度	216
11.1.4 生态系统健康、生态系统管理 与生态系统可持续发展	209	11.3.6 实施体制	217
11.2 生态系统管理	209	11.3.7 部门间和组织间的协调	217
11.2.1 生态系统管理的概念	209	11.3.8 社会经济管理参数	217
11.2.2 生态系统管理的基本原则	211	11.3.9 适应性管理	217
11.2.3 生态系统管理不同尺度的数据 基础	212	11.3.10 结论	218
11.2.4 生态系统变化的度量	213	[课后复习]	218
11.3 美国太平洋西北部成过熟森林生态 系统管理	214	[课后思考]	218
11.3.1 成过熟森林管理计划的发展 历程	214	[推荐阅读文献]	218
12 生态监测与生态评价	219		
12.1 环境污染的生态效应	219	12.3.2 生态影响评价的程序	225
12.1.1 污染生态效应	219	12.3.3 生态影响评价的内容	226
12.1.2 污染生态效应发生的机制	220	12.3.4 生态影响评价的方法	227
12.1.3 环境污染的种群生态效应	221	12.4 生态风险评价	228
12.1.4 环境污染的生态系统效应	221	12.4.1 生态风险评价的概念	228
12.2 生态监测	222	12.4.2 生态风险评价的步骤	228
12.2.1 生态监测的概念及理论依据	222	12.4.3 生态风险评价的基本方法	229
12.2.2 生态监测的分类	223	[课后复习]	229
12.2.3 生态监测的指标体系	223	[课后思考]	230
12.3 生态影响评价	225	[推荐阅读文献]	230
12.3.1 生态影响评价的概念	225		
13 生态系统可持续发展途径	231		
13.1 生态规划	231	13.3 生态工程与技术	242
13.1.1 生态规划的概念和原则	231	13.3.1 生态工程概述	242
13.1.2 生态规划的内容和方法	232	13.3.2 湿地生态工程	243
13.1.3 景观生态规划	235	13.3.3 道路绿化工程	246
13.2 生态城市建设	237	13.3.4 植被恢复工程	247
13.2.1 生态城市的概念和特征	237	[课后复习]	249
13.2.2 生态城市建设内容和原则	238	[课后思考]	249
13.2.3 生态城市建设的建设模式	240	[推荐阅读文献]	249
13.2.4 生态示范区建设	241		
14 全球生态问题与生态安全危机	250		
14.1 全球生态问题	250	14.1.1 气候变暖与温室效应	250

14.1.2	臭氧层破坏	251	14.2.2	生物入侵	259
14.1.3	土地退化与沙漠化	252	14.2.3	转基因生物	260
14.1.4	酸雨	254	[课后复习]		261
14.1.5	水资源短缺	256	[课后思考]		261
14.1.6	森林锐减	257	[推荐阅读文献]		261
14.2	生态安全危机	258			
14.2.1	环境污染	258			
参考文献		262			

1 绪 论

【学习要点】

1. 掌握环境生态学、生态学的概念；
2. 了解环境生态学、生态学产生的背景和发展过程；
3. 理解环境生态学与其他关联学科的关系；
4. 熟悉环境生态学、生态学的研究对象和研究方法。

【核心概念】

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生存的各种负反馈效应，包括生态破坏和环境污染。

生态学：是研究有机体与其周围环境相互关系的科学。环境包括非生物和生物环境，前者如温度、可利用水、风，而后者包括同种或异种的其他有机体。

环境科学：是研究和指导人类在认识、利用和改造自然的过程中，正确协调人与环境的相互关系，寻求人类社会可持续发展途径与方法的科学，是由众多分支学科组成的学科体系的总称。

1.1 环境生态学的产生及其发展历程

环境生态学是依据生态学理论，按照生态学的学术视野研究和解决环境问题的新兴学科，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。

1.1.1 环境生态学的概念

环境生态学（environmental ecology）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。

环境生态学既不同于研究生物与其生存环境之间相互关系的经典生态学,也不同于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。它是从整体和系统角度出发,研究人类活动所导致的环境污染和生态破坏这两类环境问题的解决途径的学科。

1.1.2 环境生态学的形成与发展

1.1.2.1 环境问题的产生

环境问题 (environmental problem) 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生存的各种负反馈效应,包括生态破坏和环境污染。生态破坏是指因不合理开发和利用资源而造成的对自然环境的破坏,如森林破坏、水土流失、土地沙化等。环境污染则是指人类排放的污染物对环境的危害,如 SO_2 污染、农药污染、重金属污染等。由于自然力的原因所引起的环境问题称为第一环境问题,或原生环境问题 (first environmental problem),如火山、海啸、地震、台风等引起的环境问题,这些环境问题通常被称为自然灾害。由人类活动引起的环境问题,称为第二环境问题,或次生环境问题 (secondary environmental problem)。第二环境问题是环境生态学研究的对象。

人类是环境的产物,又是环境的改造者。人类在同自然界的斗争中,运用自己的智慧,不断地改造自然,创造新的生存条件。然而,由于人类认识自然的能力和科学技术水平的限制,在改造环境的过程中,往往会产生意想不到的后果,造成环境的污染和破坏。从 18 世纪后半叶开始的第一次工业革命,到 19 世纪电的发明使人类进入第二次工业革命的电气化时代,特别是第二次世界大战以后社会生产力突飞猛进造成了严重的环境污染。20 世纪 60 年代后化学工业的迅速发展,合成并投入使用大量自然界中不存在的化学物质(如各种农药等),进一步加剧了环境质量的恶化。人口大幅度增长、森林过度砍伐、水土流失加剧、荒漠化面积扩大、土地盐碱化等都向人类生存和经济发展提出了严峻的挑战,环境污染和生态破坏所造成的影响已从局部向区域乃至全球范围扩展。1984 年由英国科学家发现、1985 年由美国科学家证实南极上空出现“臭氧层空洞”,并由此掀起关注全球环境问题的热潮。

人类所面临的全球性环境问题主要有:全球变暖与温室效应所引发的海平面上升、气候异常;臭氧层的耗损与破坏使地面受到紫外线辐射的强度增加,给地球上的生命系统带来很大的危害;人口的急剧增加和人类对资源的不合理开发,加之环境污染等原因,导致地球上生物多样性减少;酸雨导致渔业减产、作物减产、土壤酸化、土壤贫瘠化,对人类生存环境产生影响;森林锐减导致土地沙漠化、水土流失、洪涝灾害频发、物种灭绝和温室效应加剧等一系列问题;土地荒漠化威胁到农田、牧场的生产力,严重影响到这些区域人类的生存环境质量。

1.1.2.2 环境生态学的形成与发展

环境生态学成为一门独立的科学始于 20 世纪 50、60 年代,随着全球性环境问题日益严重,如全球性气候变化、酸雨、臭氧层破坏、荒漠化扩展、生物多样性减少等带来的环境不断破坏、资源日益衰竭的严重生态危机,使全球环境和生态系统失衡。1972 年,罗马俱乐部发表了著名的研究报告——《增长的极限》。1972 年,联合国在瑞典首都斯德哥尔摩召开人类环境会议,通过了《联合国人类环境会议宣言》。1980 年 3 月 5 日,国际自然及自然资源保护联合会公布了《世界自然资源保护大纲》。这些会议和活动表明环境问题已成为当代世界上一个重大的社会、经济、技术问题。特别是随着社会、经济的发展,环境污染正以一种新的形态在发展。人类开始认识到地球的环境是脆弱的,各种资源也不是取之不尽的;环境被破坏、资源被过度利用以后是很难恢复的,必须依赖于生态学原理和方法,维护人类赖以生存的环境和可持续利用各种自然资源,这就是环境生态学产生的基础。

20 世纪 60 年代初,美国海洋生物学家 R. Carson 的名著《寂静的春天》的出版对环境生态学的发展起到了极大的推动作用。该书描述了使用农药造成的严重污染,阐明了污染物在环境中的迁移转化,初步揭示了污染对生态系统的影响机制,阐述了人类同大气、海洋、河流、土壤及生物之间的密切关系。这些论述有力地促进了生态系统与现代环境科学的结合。这一时期,人类活动对环境影响的认识也更加深入,如《人类与环境》(Arvill, 1967)、《我们生态危机的历史根源》(White, 1967)、《人口炸弹》(Ehrlich, 1968)、《人类对环境的影响》(Detewuler, 1971)等论述有关人类活动对环境影响的专著相继出版,使人们认识到人类活动是如何影响地球表面大气圈、水圈、土壤-岩石圈和生物圈的自然过程的。

20 世纪 70~80 年代是环境生态学的迅速发展时期。W. Barbara 等在 1972 年出版的《只有一个地球》中,从整个地球的发展前景出发,从社会、经济和政治的不同角度,论述了经济发展和环境污染对不同国家产生的影响,指出人类所面临的环境问题,呼吁各国重视维护人类赖以生存的地球。该书的出版对环境生态学的发展起到了重要的作用。这一时期,国际上出版了一系列有影响的环境生态学方面的专著,如《人口、资源、环境——人类生态学的课题》(Ehrlich, 1972),《应用生态学原理》(Remade, 1974),《环境、资源、污染和社会》(Murdock, 1975),《生态科学:人口、资源和环境》(1977),《环境生态学:生物圈、生态系统和人》(Anderson, 1980),《受害生态系统的恢复过程》(Carins, 1980)等。1987 年,福尔德曼(Bill Freedman)发表了第一部详细的综合教科书《环境生态学》,标志着环境生态学的学科框架基本形成。

1.1.3 环境生态学的主要研究内容

(1) 自然生态系统保护和管理利用的理论与方法 各类生态系统在生物圈中执行着不同的功能,被破坏后所产生的生态后果也有所不同,如水土流失、土地沙漠化、盐碱化等。环境生态学要研究各类生态系统的结构、功能、保护、管理和合理利用的途径与对策,探索不同生态系统的演变规律和调控技术,为防治人类活动对自然生态系统的干扰、有效地保护自然资源,合理利用资源提供科学依据。

(2) 退化生态系统的机理以及恢复与重建技术 在人类干扰和自然干扰的影响下,很多生态系统处于退化状态。退化生态系统的恢复与重建是将环境生态学理论应用于生态环境建设的一个重要方面,应该重点研究人类活动与自然干扰造成各类生态系统退化的机理,探讨在遵循自然规律的基础上,通过人类的作用,根据技术上适当、经济上可行、社会能够接受的原则,恢复与重建自然生态系统的途径和技术方法,使受损或退化的生态系统重新获得有益于人类生存与发展的功能。

(3) 人为干扰下受损生态系统内在的变化机制和规律 自然生态系统受到人为的外界干扰后,将会产生一系列的反应和变化。研究人为干扰对生态系统的生态作用、系统对干扰的生态效应及其机制和规律是十分重要的。主要包括各种污染物在各类生态系统中的行为、变化规律和危害方式,人为干扰的方式和强度与生态效应的关系等问题。生态系统受损程度的判断是环境生态学研究的重要任务之一,生态监测是必要的基础和手段,是分析生态系统中环境干扰效应的程度和范围的技术途径。

(4) 解决环境污染防治的生态学对策与技术途径 环境污染防治主要是解决从污染发生、发展直至消除的全过程中存在的有关问题和采取防治的种种措施,其最终目的是保护和改善人类生存发展的生态环境。根据生态学的理论,结合环境问题的特点,采取适当的生态学对策并辅之以其他方法手段或工程技术来改善和恢复恶化的环境,是环境生态学的研究内容之一。如研究治理水体、土壤、大气污染的生态技术,各种废物处理和资源化的生态技

术；研究生态工程技术，探索自然资源利用的新途径；研究生态系统科学管理的原理和方法等。

(5) 生态规划手段与区域生态环境建设模式 生态规划主要是以生态学原理为理论依据，对某地区的社会、经济、技术和生态环境进行全面综合规划，调控区域社会、经济与自然生态系统及其各组分的生态关系，以便充分有效、科学地利用各种资源条件，促进生态系统的良性循环，使社会、经济持续稳定地发展。生态规划是区域生态环境建设的重要基础和实施依据。区域生态环境建设是根据生态规划，解决人类当前面临的生态环境问题，建设更适合人类生存和发展的生态环境的合理模式。

(6) 不同尺度上生物多样性保护与管理方法 生物多样性是维持基本生态过程和生命系统的物质基础，生物多样性的监测与管理是环境生态学需要关注和研究的，包括种群和物种水平上的保护、群落和生态系统水平上的保护以及景观尺度上的保护。生态安全是指生物个体或生态系统不受侵害和破坏的状态。生态安全取决于人与生物之间、不同的生物之间的平衡状况。生物多样性是生态安全的重要组成部分，生物多样性的丧失，特别是基因和物种的丧失，对生态安全的破坏将是致命和无法挽回的，其潜在的经济损失是无法计算的。

(7) 全球性生态环境问题监测与应对策略 全球性生态环境问题严重威胁着人类的生存和发展，如臭氧层破坏、温室效应、全球变化等，产生的根本原因是人类对大自然的不合理开发和破坏。因此，要在监测全球生态系统变化的基础上，研究全球变化对生物多样性和生态系统的影响、生存环境历史演变的规律、敏感地带和生态系统对环境变化的反应、全球环境变化及其与生态系统相互作用的模拟；建立适应全球变化的生态系统发展模型；提出减缓全球变化中自然资源合理利用和环境污染控制的对策和措施。

1.1.4 环境生态学的研究方法

(1) 野外调查研究 野外调查研究是环境生态学的主要方法，是指在自然界原生境对生物与环境的关系进行调查分析，包括野外考察、定位观测等方法。

野外考察是考察特定种群或群落与自然地理环境的空间分异的关系。首先要划定生境边界，然后在确定的种群或群落生存活动空间范围内，进行种群行为或群落结构与生境各种条件相互作用的观察记录。野外考察种群或群落的特征和计测生境的环境条件，要采取适合各类生物的规范化抽样调查方法，如动物种群调查中的样方法、标记重捕法、去除取样法等，植物种群和群落调查中的样方法、无样地取样法、相邻格子取样法等。样地或样本的大小、数量和空间配置，都要符合统计学原理，保证得到的数据能反映总体特征。

定位观测是考察某个体、种群、群落或生态系统的结构和功能与其环境关系在时间上的变化。定位观测先要设立一块可供长期观测的固定样地，样地必须能反映所研究的种群或群落及其生境的整体特征。定位观测时间决定于研究对象和目的。若是观测微生物种群，只需要几天的时间即可，若观测群落演替，则需要几年、十几年、几十年甚至上百年的时间。

(2) 科学实验研究 科学实验研究分为在野外进行的原地实验和在实验室内进行的受控实验。

原地实验是在自然条件下，采取某些措施获得有关某个因素的变化对种群、群落、生态系统及其他因素的影响。如在野外森林、草地群落中，人为去除或引进某个种群，观测该种群对群落和生境的影响；在自然保护区，人为地对森林进行疏伐，以观测某些阳生濒危植物种群的生长情况。

受控实验是在模拟自然生态系统的受控实验系统中，研究单项或多项因子相互作用，以及对种群或群落的影响的方法技术。如“微宇宙”(microcosm)模拟系统是在人工气候室

或人工水族箱中,建立自然的生态系统模拟系统,即在光照、温室、风力、土质、营养元素等环境因子的数量与质量都完全可控制的条件下,通过改变其中某一因素或多个因素,来研究实验生物的个体、种群以及小型生物群落系统的结构、功能、生活史动态过程,及其变化的动因和机理。

(3) 系统分析和数学模型 系统分析是一种进行科学研究的策略,通过系统分析可以建立一系列反映事物发展规律的系统模型,对系统进行模拟和预测,找出生态系统内各组分之间的关系、各组分内不同的影响力。系统分析中应用最多的方法有多元统计学、多元分析方法、动态方程、多维几何、模糊数学理论、综合评判方法、神经网络理论等一系列相关的数学、物理研究方法。目前,应用比较广泛的系统分析模型有微分方程模型(动力模型)、矩阵模型、突变率模型及对策论模型等。

数学模型是一个系统的基本要素及其关系的数学表达,模型能使一个十分复杂的系统简化,使研究者容易了解并预测其未来的发展趋势。生物种群或群落系统行为的时空变化的数学概括,统称生态数学模型。生态数学模型仅仅是实现生态过程的抽象,每个模型都有一定的限度和有效范围,如描述种群增长的指数方程和逻辑斯蒂(logistic)方程等就是用来分析表达种群动态的理论模型。

(4) 新技术的应用 环境生态学的进展在很大程度上有赖于多种新技术、新方法的应用,包括计算机、卫星遥感、地理信息系统、同位素、分子生物学技术、自动测试技术、受控实验生态系统装置以及其他分析测试技术等。计算机技术在生态系统资料、数据处理中有极其重要的作用,生态系统的复杂规律必须在现代计算机技术手段下才能得以充分地揭示;对环境治理、资源合理利用、全球环境变化等这些复杂问题也只有利用计算机模拟才能解决,如预测系统行为及提出最佳方案等问题。遥感、航测和地理信息系统则频繁地用于资源探测、环境污染监测,如用近红外和可见光谱的遥测数据计算出来的归一化植被指数(NDVI)预测生态系统的初级生产量。生态模拟技术则是另一类受到重视的新技术,美国、日本等国均已开展了许多生态模拟试验。如1991年美国在亚利桑那州沙漠中建成的“生物圈Ⅱ号”(biosphere 2)全封闭式人工模拟生态系统。现代环境生态问题的研究需要范围更大、分辨率更高的遥感技术,更精密的化学分析技术,稳定性同位素和分子生物学技术。

1.2 环境生态学的理论基础

1.2.1 生态学

1.2.1.1 生态学的概念

生态学(ecology)是研究有机体与其周围环境相互关系的科学(Haeckel, 1866)。环境包括非生物和生物环境,前者如温度、可利用水、风,而后者包括同种或异种其他有机体。这个定义强调的是有机体与非生物环境的相互作用,以及有机体之间的相互作用。有机体之间的相互作用又可以分为同种生物之间和异种生物之间的相互作用,即种内相互作用和种间相互作用。前者如种内竞争,后者如种间竞争、捕食、寄生或互利共生。

ecology一词源于希腊文,由词根“oiko”和“logos”演化而来,“oiko”表示住所,“logos”表示学问。因此,从字义上讲,生态学是研究生物“住所”的科学。

Haeckel所赋予生态学的定义很广泛,由此引起了许多学者的争论。国际上许多著名生态学家也对生态学下过定义。如美国生态学家E. P. Odum(1958)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。我国著名生态学家马世骏(1980)认为:生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学。他同时提出了社会-经济-自然复合生态系统的概念。

1.2.1.2 生态学的研究对象

由于生态学研究对象的复杂性,它已发展成一个庞大的学科体系。根据其研究对象的组织水平、类群、生境以及研究性质等可将其如下划分。

(1) 根据研究对象的组织水平划分 生物的组织层次从分子到生物圈,与此相应,生态学也分化出分子生态学(molecular ecology)、进化生态学(evolutionary ecology)、个体生态学(autecology)或生理生态学(physiological ecology)、种群生态学(population ecology)、群落生态学(community ecology)、生态系统生态学(ecosystem ecology)、景观生态学(landscape ecology)与全球生态学(global ecology)。

(2) 根据研究对象的分类学类群划分 生态学起源于生物学,生物的一些特定类群(如植物、动物、微生物)以及上述各大类群中的一些小类群(如陆生植物、水生植物、哺乳动物、啮齿动物、鸟类、昆虫、藻类、真菌、细菌等),甚至每一个物种都可从生态学角度进行研究。因此,可分出植物生态学、动物生态学、微生物生态学、陆生植物生态学、哺乳动物生态学、昆虫生态学、地衣生态学,以及各个主要物种的生态学。

(3) 根据研究对象的生境类别划分 根据研究对象的生境类别划分,有陆地生态学(terrestrial ecology)、海洋生态学(marine ecology)、淡水生态学(freshwater ecology)、岛屿生态学(island ecology 或 island biogeography)等。

(4) 根据研究性质划分 根据研究性质划分,有理论生态学与应用生态学。理论生态学涉及生态学进程、生态关系的数学推理及生态学建模;应用生态学则是将生态学原理应用于有关部门。例如,应用于各类农业资源的管理,产生了农业生态学、森林生态学、草地生态学、家畜生态学、自然资源生态学等;应用于城市建设则形成了城市生态学;应用于环境保护与受损资源的恢复则形成了保育生物学、恢复生态学、生态工程学;应用于人类社会,则产生了人类生态学、生态伦理学等。

1.2.1.3 生态学的形成及发展

生态学的形成和发展经历了一个漫长的历史过程,而且是多元起源的。概括地讲,大致可分为4个时期:生态学的萌芽时期、生态学的建立时期、生态学的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) 从远古时代起,人们实际上就已在积累生态学的知识,一些中外古籍中都有不少有关生态学知识的记载。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”专门论及水土和植物,记述了植物沿水分梯度的带状分布以及土地的合理利用。公元前100年前后,我国农历已确立24节气,它反映了作物、昆虫等生物现象与气候之间的关系。这一时期还出现了记述鸟类生态的《禽经》,记述了不少动物行为。在欧洲,Aristotle(公元前384~公元前322年)按栖息地把动物分为陆栖、水栖两大类,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。但上述古籍中没有生态学这一名词,那时也不可能使生态学发展成为独立的科学。

(2) 生态学的建立时期(公元17~19世纪) 进入17世纪之后,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,1735年法国昆虫学家Reaumur发现,就一物

种而言,发育期间的气温总和对任一物候期都是一个常数,被认为是研究积温与昆虫发育生理的先驱;1855年Al. de Candolle将积温引入植物生态学,为现代积温理论打下了基础;1792年德国植物学家C. L. Willdenow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;A. Humboldt于1807年用法文出版《植物地理学知识》一书,提出“植物群落”、“外貌”等概念,并指出“等温线”对植物分布的意义;1859年达尔文的《物种起源》发表,促进了生物与环境关系的研究;1866年Haeckel提出ecology一词,并首次提出了生态学定义;丹麦植物学家E. Warming于1895年发表了他的划时代著作《以植物生态地理为基础的植物分布学》,1909年用英文出版,改名为《植物生态学》(*Ecology of Plants*),1898年波恩大学教授A. F. W. Schimper出版《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的分支科学的诞生。

(3) 生态学的巩固时期(20世纪初~20世纪50年代) 这一时期,动物种群生态学取得了一些重要的发现并得到了迅速的发展,如Peral(1920)和Read(1920)对logistic方程的再发现,这个方程是描述种群数量变化的最基本方程;Lotka(1925)和Volterra(1926)分别提出了描述两个种群间相互作用的Lotka-Volterra方程;C. Elton(1927)在《动物生态学》一书中提出了食物链、数量金字塔、生态位等非常有意义的概念;Lindeman(1942)提出了生态系统物质生产率的渐减法则。植物群落生态学方面有了很大的发展,一些学者如Clements(1938)、Whittaker(1953)、Tansley(1954)等先后提出了诸如顶极群落、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了重要的推动作用。同时由于各地自然条件不同,植物区系和植被性质差别甚远,在认识上和工作方法上也各有千秋,形成了不同的学派。如以美国的F. D. Clements和英国的A. G. Tansley为代表的英美学派,以瑞士的苏黎世(Zurich)大学和法国的蒙伯利埃(Montpellier)大学为中心的法-瑞学派,以瑞典Uppsala大学Rietz为代表的北欧学派和以V. N. Sukachev院士为代表的前苏联学派。在这个时期内,动、植物生态学分别有较大的发展,被称为动、植物生态学并行发展的阶段。

(4) 现代生态学时期(20世纪50年代~现在) 20世纪50年代以来,人类的经济和科学技术获得了史无前例的飞速发展,既给人类带来了进步和幸福,也带来了环境、人口、资源和全球变化等关系到人类自身生存的重大问题。在解决这些重大社会问题的过程中,生态学不仅与生理学、遗传学、行为学、进化论等生物学各个分支领域相互促进,并且与数学、地学、化学、物理学等自然科学相互交叉,甚至超越自然科学界限,与经济学、社会学、城市科学相互结合,生态学成了自然科学和社会科学相接的真正桥梁之一。

传统生态学的研究对象主要是有机体、种群、群落和生态系统几个宏观层次,现代生态学研究对象则向宏观和微观两极多层次发展,从微观的分子生态、细胞生态,到宏观的景观生态、区域生态、生物圈或全球生态。生态学研究的国际化趋势越来越显著。如20世纪60年代的IBP(国际生物学计划),70年代的MAB(人与生物圈计划),以及现在正在执行中的IGBP(国际地圈生物圈计划)和DIVERSITAS(生物多样性计划)。

这一时期,生态学在理论和应用上都取得了显著的进展。

① 理论方面 在生理生态向宏观方向发展的同时,由于分子生物学、生物技术的兴起,促使其也向着细胞、分子水平发展。种群生态学发展迅速,德国的Lorens(1950)和Tinbergen(1951, 1953)在行为生态学的研究方面获得了诺贝尔奖,把这一领域的研究推向了新阶段。Harper(1977)的巨著《植物种群生物学》,突破了植物种群研究上的难点,发展