

高等学校教材

实用生态 工程学

盛连喜 许嘉巍 刘惠清 编著



高等教育出版社

高等学校教材

实用生态工程学

盛连喜 许嘉巍 刘惠清 编著



高等教育出版社

内容简介

本书简述了生态工程学的基本原理,论述了生态工程设计的方法,在此基础上,分别阐述了各类生态工程的设计思想、程序和关键技术。全书以生态系统生态学为理论指导,吸纳了景观生态学的部分理论,既保证生态工程学理论框架的完整,又强调了生态工程学的实用性,并附加案例。本书还力求反映生态工程研究的最新进展,特别是对刚刚起步的微观生态工程、区域生态工程和湿地生态工程的研究进展进行了详细介绍。

本书可作为高等院校生态专业本科生的专业课教材和研究生的选修教材,还可供从事地理学、环境科学的科研工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用生态工程学 / 盛连喜, 许嘉巍, 刘惠清编著.
北京: 高等教育出版社, 2005. 11
ISBN 7-04-017748-X

I. 实... II. ①盛... ②许... ③刘... 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 (2005) 第 124149 号

策划编辑 陈文 责任编辑 陈正雄 封面设计 张申申 责任绘图 朱静
版式设计 范晓红 责任校对 殷然 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总机 010-58581000
经销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京泽明印刷有限责任公司

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开本 787×960 1/16
印张 19.25
字数 340 000

版次 2005 年 11 月第 1 版
印次 2005 年 11 月第 1 次印刷
定价 22.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17748-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前言

2002年我们出版了《生态工程学》一书,该书是笔者对生态学、景观生态学及生态工程研究的多年积累和实践总结。出版两年来,读者和同行们给予了广泛的关注,并对书中的内容提出了很好的建议。应读者的要求和生态环境治理的迫切需要,我们对原书的内容做了全面修订,增加了新内容,补充了技术方法,增添了研究案例,形成现在的《实用生态工程学》一书。

生态工程是一门系统、复杂的综合工程,或者说,生态工程学在本质上是“仿生态系统工程学”(也有人将其称为生态系统仿生学)。它的学科任务不仅是分门别类地对农业、牧业、林业、庭院、湿地和城市等系统出现的生态问题进行生态工程的治理和修复研究,更重要的是摒弃“头痛医头,脚痛医脚”的策略,而是将区域作为一个整体,综合研究各行业、各部门之间的协调关系、自然与环境的协调关系、近期和远期的协调关系。因此,只有在把握宏观与微观、整体与局部协调互促的基础上,才能制定相应的生态工程规划与方案,才能实现区域系统生态、经济与社会的可持续发展。

本书编写分工如下:第一章,盛连喜、景贵和;第二章,景贵和、许嘉巍、王春莲;第三章,许嘉巍、刘惠清、庄长伟、孙永光;第四章,刘惠清、官燕;第五章,盛连喜、官燕;第六章,刘惠清、庄长伟、孙永光;第七章,景贵和、刘惠清;第八章,刘惠清、许嘉巍、许振文;第九章,刘惠清、刘静玲;第十章,刘静玲、景贵和;第十一章,樊政霖、刘惠清;第十二章,闫宝华、许振文;第十三章,乔雪、孙永光;第十四章,丁立新、王春莲。全稿由许嘉巍、刘惠清统稿,由盛连喜定稿。

《实用生态工程学》与前期出版的《生态工程学》相比,其内容更贴近实践,全书的主线是以追求自然和人类社会和谐发展的“双赢”为目标,阐述和介绍人为干扰或受损的各类生态系统修复与建设的技术及方法。但由于作者的水平有限,很难实现意愿与现实的统一,书中也可能有偏颇之处,诚望读者继续关注并给予指教。

编者

2005年6月于长春

目 录

第一章 生态工程导论	1
1.1 生态工程定义	1
1.2 生态工程与环境工程及生物工程的区别	2
1.3 生态工程研究的内容和目的	3
1.4 生态工程研究的背景	3
1.4.1 生态问题的出现	3
1.4.2 第二次浪潮的思维对人类与自然关系的影响	4
1.4.3 人们在觉醒	5
1.4.4 生态工程研究	7
1.5 生态工程的应用前景	8
1.5.1 生态工程与可持续发展	8
1.5.2 生态工程与生物多样性保护	9
1.5.3 生态工程与农林牧业建设	10
1.5.4 生态工程与城市生态建设	11
思考题	11
第二章 生态工程的原理	12
2.1 自组织原理	12
2.2 共生原理	13
2.3 正负反馈调节原理	15
2.3.1 因果关系	15
2.3.2 反馈关系	15
2.3.3 反馈调节	17
2.4 正常立地理论	18
2.5 局部控制与全局调节原理	19
2.5.1 整体与部分	19
2.5.2 生物圈的等级组织原理	20
2.6 生态结构与生态功能相互作用的原理	22
2.6.1 生态系统的结构	23

2.6.2 生态功能	24
2.6.3 结构与功能的关系	26
2.7 生产功能与保护功能耦合的原理	26
2.8 物质与能量多层利用及循环原理	27
2.9 仿生原理	28
2.9.1 仿植物的相生相克行为	28
2.9.2 仿动物的利他行为	29
思考题	29
第三章 生态工程设计的方法	31
3.1 斑块尺度上的生态工程设计	31
3.2 区域尺度上的生态工程设计	32
3.3 稳定性分析与控制方法	36
3.3.1 生态类型的稳定性分析	36
3.3.2 景观稳定性分析	42
3.4 生态演替促进法	48
3.4.1 生态演替的原理	48
3.4.2 仿效演替过程	49
3.4.3 促进演替过程	50
3.5 外来种的引进与控制方法	53
3.5.1 外来种的影响及引进原则	53
3.5.2 外来种的引进与控制	54
3.6 生态恢复方法	56
3.6.1 生态恢复的定义及目标	56
3.6.2 退化生态系统恢复的技术	57
3.7 结构调整的方法	61
3.7.1 结构失稳	61
3.7.2 结构调整的方法	63
3.7.3 案例分析	65
3.8 功能完善的方法	66
3.8.1 生态系统功能缺损的诊断	66
3.8.2 生态功能完善的方法	67
3.8.3 案例分析	68
3.9 物质循环与能量转化的调整方法	70
3.9.1 生态系统中的能流渠道及过程	70
3.9.2 生态系统中几种重要的物质循环	72
3.9.3 物流与能流调控的基本方法	75

思考题	77
第四章 种植业生态工程	78
4.1 种植业生态工程的特点	78
4.2 种植业生态工程的设计	80
4.2.1 种植业生态工程的设计原则	80
4.2.2 种植业生态工程设计流程图	84
4.2.3 种植业生态工程的类型	85
4.2.4 种植业生态工程评价	88
4.2.5 种植业生态工程设计模式	89
4.3 种植业生态工程中的几种实用技术	92
4.3.1 沼气的厌氧发酵技术	92
4.3.2 秸秆的氨化技术	100
4.3.3 蚯蚓养殖技术	100
4.4 案例分析	102
4.4.1 间作、套作案例	102
4.4.2 协调共生案例	103
思考题	104
第五章 林业生态工程	105
5.1 林业生态工程概述	105
5.2 林业生态工程设计的原理	110
5.2.1 系统论原理	110
5.2.2 生物间互利共生的原理	111
5.2.3 “生态位”与自然资源多级利用原理	112
5.2.4 环境的时间节律与生物的机能节律原理	113
5.2.5 人工模拟自然演替的原理	114
5.3 林业生态工程的设计	115
5.3.1 农田与森林交错带的林业生态建设	115
5.3.2 荒山林业生态工程的设计	118
5.3.3 山地自然保护区的林业生态工程设计	120
5.4 林业生态工程建设案例	123
5.4.1 工程内容	123
5.4.2 工程效益	124
思考题	124
第六章 养殖业生态工程	126
6.1 养殖业生态工程概述	126
6.1.1 养殖业生态工程的内容	126

6.1.2 养殖业生态工程与传统养殖业的区别	128
6.1.3 养殖业生态工程原理	128
6.2 养殖业生态工程设计	132
6.2.1 养殖业生态工程设计类型	132
6.2.2 养殖业生态工程的效益评价	134
6.3 典型养殖业生态工程模式	136
6.3.1 综合畜禽生态工程	137
6.3.2 综合养殖业生态工程模式	138
6.4 案例分析	142
6.4.1 立体养殖	142
6.4.2 工程效益	143
思考题	143
第七章 农林牧复合生态经济系统的生态工程	144
7.1 农林牧复合生态工程的研究概述	144
7.2 农林牧复合生态工程的原理	145
7.2.1 共生原理	145
7.2.2 系统整体性原理	146
7.2.3 物质多重利用与物质循环原理	146
7.3 农林牧复合生态工程的设计	146
7.3.1 农林牧交错带的复合生态工程	146
7.3.2 农区的牧业生态工程	149
7.3.3 林区的牧业生态工程	150
7.3.4 种养加复合生态经济系统	153
7.4 案例分析	156
7.4.1 留民营村的生态建设	156
7.4.2 留民营村生态建设的效益分析	157
思考题	157
第八章 荒芜土地恢复与重建的生态工程	159
8.1 我国荒芜土地的现状	159
8.1.1 水土流失	159
8.1.2 土地沙化	160
8.1.3 土壤盐渍化	160
8.1.4 草场退化	160
8.1.5 土地退化,耕地锐减	160
8.2 沙化土地恢复与重建的生态工程	161
8.2.1 沙化土地的演替	161

8.2.2 沙化土地利用中存在的问题	163
8.2.3 沙化土地的生态工程设计	163
8.3 退化草地恢复与重建的生态工程	166
8.3.1 退化草地的现状	166
8.3.2 退化草地的形成因素	168
8.3.3 退化草地治理的生态工程设计	169
8.4 荒山恢复与重建的生态工程	174
8.4.1 荒山的基本特点和类型	174
8.4.2 荒山形成的因素分析	176
8.4.3 荒山恢复与重建的生态工程设计	177
8.5 工矿废弃地恢复与重建的生态工程设计	180
8.5.1 工矿开发对生态系统的影响	180
8.5.2 工矿废弃地复垦的生态工程设计	180
8.6 案例分析	183
8.6.1 荒漠土地恢复	183
8.6.2 盐碱地恢复	184
思考题	185
第九章 庭院生态工程	187
9.1 庭院生态系统的形成与发展	187
9.1.1 原始社会农村庭院的雏形	187
9.1.2 奴隶社会的农村庭院	188
9.1.3 封建社会的农村庭院	189
9.2 庭院生态类型	189
9.2.1 结构类型	189
9.2.2 功能类型	190
9.3 庭院生态系统的组成	191
9.3.1 人类种群	191
9.3.2 饲养生物种群	191
9.3.3 伴生的生物种群	192
9.3.4 庭院生态系统的环境	193
9.4 庭院生态系统的环境工程	195
9.4.1 农村庭院生态系统自然环境的选址	196
9.4.2 农村庭院生态系统的绿化	196
9.4.3 庭院工程设计的技术	199
9.4.4 未来庭院生态系统建造的新途径	201
9.5 案例分析	202

思考题	203
第十章 城市生态工程	205
10.1 城市生态系统	205
10.1.1 城市生态系统的概念	205
10.1.2 城市生态学的发展历程	205
10.1.3 城市生态系统的结构	207
10.1.4 城市生态系统的功能	207
10.1.5 城市生态系统的流	208
10.2 城市的自然生态子系统	211
10.2.1 城市地貌	212
10.2.2 城市气候	212
10.2.3 城市水文	212
10.2.4 城市植物群落的主要类型及变化	213
10.2.5 城市环境下动物区系的变化	215
10.3 城市的社会生态子系统	215
10.4 城市的经济生态子系统	216
10.5 城市生态工程设计	217
10.5.1 城市生态危机	217
10.5.2 城市自然保护工程	218
10.5.3 城市绿化工程	219
10.5.4 城市综合治理的生态工程	224
10.5.5 生态城的未来方向	228
10.6 案例分析	229
10.6.1 生态小区绿化	229
10.6.2 物质循环再生	230
思考题	231
第十一章 湿地生态工程	232
11.1 湿地概述	232
11.1.1 湿地的定义	232
11.1.2 中国的湿地类型	233
11.1.3 湿地的功能	233
11.1.4 湿地存在的共性问题	235
11.2 湿地生态工程设计的基本原理和主要技术	237
11.2.1 湿地生态工程设计的基本原理	237
11.2.2 湿地工程技术	238
11.3 湿地生态工程设计	238

11.3.1 湿地的恢复与重建	238
11.3.2 湿地保护的设计方案	246
11.4 案例分析	249
11.4.1 洞庭湖湿地概况	249
11.4.2 洞庭湖区存在的问题	250
11.4.3 采取的措施	251
11.4.4 结论	252
思考题	253
第十二章 土地生态工程	254
12.1 土地生态系统	254
12.1.1 土地生态系统的属性	254
12.1.2 土地生态系统的功能	255
12.1.3 土地利用中的生态问题	257
12.2 土地生态工程设计	259
12.2.1 土地生态工程设计的原理	259
12.2.2 土地生态工程设计的案例	259
思考题	265
第十三章 微观生态工程	266
13.1 微观生态系统与微观生态工程	266
13.1.1 微观生态系统	266
13.1.2 微观生态工程	269
13.2 微观生态工程设计	273
13.2.1 微观生态工程设计的原理	273
13.2.2 微观生态工程设计的程序	273
13.2.3 微观生态工程设计的案例	274
思考题	280
第十四章 区域生态工程	281
14.1 区域生态系统	281
14.1.1 区域特征	281
14.1.2 研究意义	282
14.2 区域生态问题的诊断	282
14.2.1 生态健康的评价指标	283
14.2.2 诊断方法	284
14.3 区域生态工程设计原理	285
14.3.1 整体性原理	285
14.3.2 循环经济原理	285

14.4 区域生态工程案例	286
14.4.1 背景	286
14.4.2 措施	287
14.4.3 效益	287
思考题	288
参考文献	289

第一章 生态工程导论

生态工程是一种理念,更是一种方法的集成。作为理念,生态工程既肯定了生态问题的人为性,又强调了在解决生态问题上人类的主动性和创造能力。同时,生态工程试图提供一套方法,为不同区域千差万别的生态问题设计出可行的治理方案。

1.1 生态工程定义

生态工程这一术语的提出,是生态系统学说出现以后的事。20 世纪后半叶,许多学者对生态工程以及与之相关的生态设计、生态技术等概念进行了阐述。

奥德姆(H. T. Odum)1962 年定义生态工程为“由人类用少量的能源对环境进行熟练操纵以控制那些主要是由自然能源驱动的系统”。1983 年,奥德姆提出新的生态系统设计工程的概念,认为“生态工程属于自组织的应用系统领域,是对自然的管理,是同自然合作最好的术语”。

密奇(W. J. Mitsch)率先出版了《生态工程》一书,定义生态工程为“人类社会同自然环境合作进行的对双方都有利的设计”。“它是应用数量方法和我们的基本科学方法对自然环境进行设计的工程;它也是以生态系统的自我设计作为基本工具的”(1989)。Mitsch 在 1993 年把原来的生态工程定义修改为“为了人类社会及其自然环境的利益,而对人类社会及其自然环境加以综合的而且能持续的生态系统设计。它包括开发、设计、建立和维持新的生态系统等一系列工程,如污水处理(水质改善)、地面矿渣及废弃物的回收、海岸带保护等,以期达到生态恢复、生态更新、生物控制等目的”。

尤尔曼(Uhlmann)强调了生态工程的技术性,认为“生态技术是费用最少和对环境损害最小的具有生态系统管理意义的应用技术”,并认为“生态技术与生态工程是同义语”(1992)。

早在 20 世纪 50 年代,我国著名生态学家马世骏就提出生态工程这一名词,并于 1983 年提出“模拟生态系统原理而建成的生产工艺体系即生态工程”。在

1984 年给生态工程下了更为明确的定义:“生态工程是应用生态系统中物种共生与物质循环再生原理,结构与功能协调原则,结合系统分析的最优化方法设计的促进分层多级利用物质的生产工艺系统”。

由于生态工程学是一门新的科学,其发展历史较短,它的理论原理和基本概念还正在逐步成熟之中。从以上不同学者给出的生态工程定义中可以看出,它们之间的侧重点虽然有很大区别,但其核心具有相似性。综合以上各定义,生态工程可定义为:应用自然生态系统原理,通过同自然环境合作,进行的对人类社会和自然环境双方都有利的复合生态系统设计的科学;生态工程是建立在少花费、低能耗而更有效地利用自然资源的基础上,增加社会财富的同时,又能使人类社会与自然环境都可持续发展的生态设计、生态保育、生态恢复、生态更新和生态管理等技术综合。

1.2 生态工程与环境工程及生物工程的区别

生态工程与环境工程及生物工程的区别是明显的。从研究的层次看,生态工程与环境工程的研究水平是生态系统水平,而生物工程是细胞水平;从学科的理论基础看,生态工程和环境工程的基本原理是生态学和环境学,生物工程的基本原理是遗传学及细胞生物学。从研究的内容看,生态工程控制的是力学功能体(水、气、太阳能及生物有机体),环境工程控制的主要是污染物(废水、废气、固体废物及噪声等),生物工程控制的是遗传密码(结构)。生态工程设计是人类帮助下的生态系统的自我设计,而环境工程及生物工程则是人类的设计。生态工程的能量基础是太阳能,而环境工程和生物工程则以化学能为基础。生态工程的任务是保持、管理和恢复生态系统,而环境工程的任务是规划、设计、管理和整治环境系统,生物工程的任務则是设计新的物种。生态工程维持和发展所需费用是合理而便宜的,而环境工程和生物工程所需费用往往是昂贵的(表 1.1)。

表 1.1 生态工程、环境工程和生物工程区别

特征	生态工程	环境工程	生物工程
组织水平	生态系统水平	环境系统水平	细胞水平
理论原理	生态学	环境学	遗传学、细胞生物学
控制内容	力学功能(水、气、太阳能、生物)	废水、废气、废渣、噪声	遗传结构、密码
设计	自我设计加人类设计	人类设计	人类设计
维持和发展费用	合理而便宜	较贵	昂贵
生物多样性	保护	保护	变化

1.3 生态工程研究的内容和目的

生态工程研究的内容涉及自然环境、自然资源、人口增长、社会生产等各个子系统,但它研究的不是人口学、资源学、环境学和部门生产的单个组分,而是涉及人口、资源、环境及产业之间相互作用的横向联系,及它们的整体效应。马世骏、王如松在《生态学报》1984年第4卷第1期《社会-经济-自然复合生态系统》一文中,论述了这个复合生态系统,认为“社会、经济和自然是三个不同性质的系统,但其各自生存和发展都受其他系统结构和功能的制约,必须当成一个复合系统来考虑,我们称其为社会-经济-自然复合生态系统。”这显然是个高度综合的复杂的巨系统。

生态工程研究的领域正是这个自然-社会-经济复合生态系统。生态工程的任务就是要对这个复合生态系统进行设计和管理。

生态工程的目的就是通过对复合生态系统的管理,使投入的能量和物质最小,对资源利用最合理,社会产品更丰富,风险最小而综合效益最高,达到对人类社会和自然环境双方都有利并能可持续发展的目的,以解决工业化过程带来的产业发展与资源消耗、人口增长与环境退化、社会发展与生态恶化的矛盾。同时,通过生态工程的设计手段,把本来矛盾的事物,转化为相互协调、彼此促进,不断向良性方向发展的事物,使人类社会、经济生产和生态环境实现可持续发展。

1.4 生态工程研究的背景

1.4.1 生态问题的出现

煤、石油、天然气的广泛使用,电力和大机器工业的出现,使生产效率大为提高,人类同自然界一起创造出前所未有的新动力、新机械、新品种、新的物理化学和生物化学产品,尤其是农药、化肥的出现,使得生态系统中生产者、消费者和分解者之间的关系发生了极大的改变。在农业生态系统中,大量施用化肥和农药,既消灭了农田害虫,也杀死了农田益虫、益鸟以及土壤生态系统中的细菌、真菌、放线菌和土壤动物,尤其是杀虫剂的残留,已引起全球性的污染。北极的驯鹿体内已发现有汞的积聚,阿拉斯加的海豹体内汞的含量已经超标,DDT已在南极企鹅的脂肪组织中发现,北极熊的体内也发现了多氯联苯。自然生态系统中的自我调节功能遭受破坏,这就必然越来越多地依靠人为投入物质和能量,以维持

农田生态系统的运转。工业污染更为突出,工业革命的特征是工业越发展,环境越恶化。采用的是以牺牲环境为代价的发展模式。如伦敦烟雾事件、洛杉矶光化学烟雾事件、日本的水俣病及骨痛病等一系列公害事件等。这使人们逐步认识到过去人和自然系统中,通过改造自然而建立的环境不是理想的环境;人们对长时间、大范围的自然规律缺乏深刻认识,对长时间、大范围的自然控制还无能为力。正如恩格斯所说:“……我们不要过于得意我们对自然界的胜利。对于我们的每一次胜利,自然界都报复了我们。每一次的这种胜利,第一步我们确实达到预期的结果,但第二步和第三步却有了完全不同的意想不到的结果,常常正好把第一个结果的意义又取消了。美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其他各地的居民,为了得到耕地把森林都砍光了,但是他们却想不到这些地方今天竟因此成为荒芜不毛之地,因为他们把森林砍光之后,水分的积聚和储存中心也不存在了。……因此我们必须时刻记住:我们统治自然界,决不像征服者统治异民族一样,相反地,我们同我们的肉、血和头脑一起是属于自然界,存在于自然界,我们对自然的整个支配,仅仅是因为我们有别于其他一切动物,能够正确认识和运用自然规律而已。”(恩格斯:《自然辩证法》,146页,人民出版社,1957)。100多年前,恩格斯已经看到了当时出现的并不太重、也不普遍的生态问题,并正确地论述了人和自然的关系。

1.4.2 第二次浪潮的思维对人类与自然关系的影响

第二次浪潮的思维是工业革命的产物,它强调分门别类地认识事物。这在工业化的初期应该是一个进步过程。因为抛开总的联系,分门别类地对某些事物和现象进行专门研究,可以更深入地认识事物。但到后期,这种分散的、孤立的只要部分不要整体的认识事物的方法却暴露出明显的片面性。资本主义工业化过程中那种专业化、好大狂都是第二次浪潮思维的表现,这正如恩格斯所说:“如果在细节上形而上学比希腊人要正确些,那么总的说来希腊人就比形而上学要正确些。”(恩格斯:《自然辩证法》,26页,人民出版社,1957)。形而上学抛开总的联系来考察事物和过程,因而它就“以这些障碍堵塞了自己从了解整体到调查普遍联系的道路。”(《马克思恩格斯选集(第三卷)》,468页)。

第二次浪潮的思维,在人和自然的关系上,是“改造论”占支配地位。在工业化这一阶段,由于科学技术的进步,人的主观能动作用有了前所未有的加强,在思想上产生了一种错觉,以为“人定胜天”,人类可以为所欲为地对自然进行改造,把人的作用夸大到不适当的地位。正是在这种思维的支配下,部门分割非常突出,治水只从水体本身着手,把与水有关联的一切事物割断。在山上将森林砍光,在平原的河道上筑坝,这是典型的第二次浪潮的思维在起作用。至于那种