

东北师范大学文库

生态工程学

盛连喜 景贵和 等著

SHENGTAI GONGCHENG-XUE

东北师范大学出版社

东北师范大学文库

生态工程学

盛连喜 景贵和 等著

东北师范大学出版社

长 春

图书在版编目 (CIP) 数据

生态工程学/盛连喜 景贵和等著. —长春: 东北师范大学出版社, 2002. 8

ISBN 7 - 5602 - 3151 - 9

I. 生... II. ①盛... ②景... III. 环境生态学 IV. X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 054099 号

☐ 出 版 人: 贾国祥

☐ 责任编辑: 尹 辉 ☐ 封面设计: 李冰彬

☐ 责任校对: 李 木 ☐ 责任印制: 张允豪

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 138 号 (130024)

电话: 0431—5687213

传真: 0431—5691969

网址: <http://www.nnup.com>

电子函件: sdcbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版

吉林省吉新月历制版印刷有限公司印刷

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 10.75 字数: 256 千

印数: 0 001 — 1 000 册

定价: 23.00 元

前 言

生态工程是在生态系统学说发展以后，迫切需要生态设计的基础上迅速发展起来的。不能只认知生态平衡遭受破坏的后果，也不能只批评人们破坏了生态平衡，更为重要的是，要有能力有技术，把人们已经破坏的生态环境重新建设成既能生产更多物质财富，又符合生物圈组织原则的新的生态系统，这正是生态工程学最重要的任务，也是这门学科迅速发展的动力之源。当前，继联合国发表的《21世纪议程》后，我国在世界范围内第一个发表了《中国21世纪议程》，并且相继出版了《中国环境保护21世纪议程》、《中国林业21世纪议程》、《中国海洋21世纪议程》及《中国21世纪议程——农业行动计划》等，并且于1991年1月国务院讨论通过了《全国生态环境建设规划》。所有这些内容的实施，都需要以生态工程学的理论和方法为指导。

本书是在我校多年来有关生态学的教学和生态工程的实践基础上，尤其是在多个实验站和试验示范区实践研究成果的基础上写成的。第一章由盛连喜、景贵和执笔，第二章由景贵和、许嘉巍执笔，第三章由许嘉巍执笔，第四章由刘惠清执笔，第五章由盛连喜、万忠娟执笔，第六章由刘惠清执笔，第七章由景贵和、刘惠清执笔，第八章由刘惠清、万忠娟执笔，第九章由刘惠清、刘静玲执笔，第十章由刘静玲、景贵和执笔。全书由盛连喜定稿。

特别感谢东北师范大学出版社为本书提供基金资助，使之得以顺利出版。

生态工程学是一门比较新的学科，许多理论原理和应用方法正在形成之中。因此，书中的缺点及错误在所难免，万望读者批评指正。

盛连喜

2001年12月于长春

目 录

前 言	1
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	3
1.3 生态工程研究的内容和目的	4
1.4 生态工程研究的产生	5
1.5 生态工程的应用前景	12
第二章 生态工程的理论原理	18
2.1 自组织原理	18
2.2 共生原理	20
2.3 正负反馈调节原理	23
2.4 正常立地 (Normal site) 理论	30
2.5 局部控制与全局调节原理	32
2.6 生态结构与生态功能相互作用原理	37
2.7 物质与能量转化及多层分级利用原理	44
2.8 生物与环境匹配原理	45
第三章 生态工程设计的方法	47
3.1 系统动力学辅助下的生态设计方法	47
3.2 景观生态工程设计方法	63
3.3 生态工程设计中的稳定性分析方法	76

第四章 种植业生态工程	90
4.1 种植业生态工程的由来	90
4.2 种植业生态工程设计流程	94
4.3 种植业生态工程中的几种实用技术	112
第五章 林业生态工程	127
5.1 林业生态工程概述	127
5.2 林业生态工程设计的原理	135
5.3 林业生态工程的设计	142
第六章 养殖业生态工程	155
6.1 养殖业生态工程的一般概念	155
6.2 养殖业生态工程设计	164
6.3 典型养殖业生态工程模式	170
第七章 农林牧复合的生态工程	179
7.1 农林牧复合生态工程的发展	179
7.2 农林牧复合生态工程的原理	182
7.3 农林牧复合生态工程的设计	183
第八章 荒芜土地恢复与重建的生态工程	196
8.1 荒芜土地的现状	196
8.2 沙化土地恢复与重建的生态工程	200
8.3 退化草地恢复与重建的生态工程	206
8.4 荒山恢复与重建的生态工程	219
8.5 工矿废弃地恢复与重建的生态工程设计	227
第九章 庭院生态工程	231
9.1 庭院生态系统的形成与发展	231
9.2 庭院生态类型	236
9.3 庭院生态系统的组成与结构	237
9.4 庭院生态系统功能	252
9.5 农村庭院生态系统与城市生态工程	272

9.6 庭院生态系统的环境工程	277
第十章 城市生态工程	289
10.1 城市生态系统	289
10.2 城市的自然生态子系统	301
10.3 城市的社会生态子系统	307
10.4 城市的经济生态子系统	308
10.5 城市生态工程设计	309
参考文献	327

第一章

生态工程导论

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。“生态工程”(Ecological Engineering)也可以译成“生态设计”。早在 20 世纪 50 年代,我国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”。1984 年他又给“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。”

1962 年 H. T. 奥德姆 (Odum) 将“生态工程”定义为“由人类用少量的能源对环境进行的熟练操纵以控制那些主要是自然能源驱动的系统”。1983 年, H. T. 奥德姆 (Odum) 提出新生态系统设计工程的概念认为:“生态工程主要是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。”

W. J. 密奇 (Mitsch) 在《生态工程》(Ecological Engineering) 一书中,将“生态工程”定义为“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基本的科学方法

对自然环境进行设计的工程；它也是以自我设计的生态系统作为原始工具的一种技术”（1989）。

沃尔曼(Uhlmann)认为生态技术是用最小费用和对环境最小损害的具有生态系统管理意义的应用技术。他认为生态技术与生态工程是同义语。

由于生态工程是一门新学科，发展历史较短，它的理论原理和基本概念还在逐步成熟之中。从以上学者提出的“生态工程”定义中可以看出它们之间侧重点还是有很大区别的。1993年W.J.密奇(Mitsch)将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且使其可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。”

W.J.密奇(Mitsch)1989年和1993年给“生态工程”的两个定义充分说明，随着实践经验的增長，人们对生态工程的认识正在逐步深化。这正符合“人的正确思想只能从社会实践中来”，“真理的标准只能是社会实践”，“一个正确的认识往往需要经过由物质到精神，精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成的原理”。

人们对生态工程的认识正符合了这种认识论的辩证法。不同学者的实践获得不完全相同的认识，但只要是从实践中总结出来的，都具有一定的真理性。我们只能取其合理的内核，进行新的综合，使其符合现阶段的认识，等到将来随着新实践的继续，认识进一步深化，再进行更深层次的综合。

生态工程可定义为：生态工程是人类应用自然生态系统原理，同自然环境合作而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，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,同时又是使人类社会与自然环境都可可持续发展的生态恢复、生态更新、生态管理的技术。

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。生态工程与环境工程的组织水平都是生态系统水平,但生物工程是细胞水平;生态工程的基本原理是生态学和生态系统学,环境工程的基本原理是环境学,生物工程的基本原理是遗传学及细胞生物学;生态工程控制的内容是力学功能(水、气、太阳能及生物有机体),环境工程控制的主要是污染物(废气、废水、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

表 1-1 生态工程、环境工程和生物工程的区别

特 征	生态工程	环境工程	生物工程
组织水平	生态系统	环境系统	细 胞
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

取材于 W. J. Mitsch 《Ecological Engineering》, 略加修改。

环境工程则是规划、设计、管理和整治环境系统，生物工程则是设计新的物种；生态工程维持和发展所需费用是合理而相对便宜的，而环境工程所需费用是昂贵的（表 1 - 1）。

1.3 生态工程研究的内容和目的

生态工程的研究内容涉及自然环境、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，及它们之间的整体效应。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，指出：“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、功能的制约，必须作为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巨系统。

生态系统的研究领域正是这个自然—社会—经济复合系统。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量最小，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，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、社会发展与生态变化的矛盾。重要的是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都可持续发展。

1.4 生态工程研究的产生

1.4.1 生态问题的出现

自从煤、石油、天然气的广泛应用,电力和大机器工业的出现,生产效率猛增,人类同自然界一起创造出前所未有的新动力、新机械、新物种、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,也杀死了农田的益虫益鸟,土壤层的细菌、真菌、放线菌也被消灭或受到极大抑制。这使自然生态系统中的自我调节功能遭受破坏,因此就必须越来越多地依靠人为投入的物质和能量,以维护农田生态系统的运转。尤其是杀虫剂的残留,已引起全球性的污染。已发现北极的驯鹿体内有汞的积聚,阿拉斯加海豹体内汞的含量已经超标,在南极的企鹅脂肪组织中有DDT,北极熊的体内也有多氯联苯。工业污染更为突出。资本主义工业革命是以牺牲环境为代价的。它的特征是工业越发展,环境越恶化。1950年至1980年间,由于大气中 CO_2 和其他“温室气体”浓度上升,地球上平均气温已上升 $1^\circ\text{C}\sim 2^\circ\text{C}$;水体富营养化,农药污染,有机物、重金属等污染,已使江河湖泊水质日趋恶化,人和生物的生存环境越来越不适合于人类及生物的生存。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,加上沙漠化、土地盐碱化、森林荒山化的发展,人们已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认识,对长时间、大范围的自然控制还无能为力。这种对自然的改造,短

期内似乎取得了成功,但当遭到自然报复时,才感受到以前的失误而追悔莫及。这正如恩格斯所说:“可是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、小亚细亚以及其他荒芜不毛之地,因为他们把森林砍完之后,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、血和头脑一起都是属于自然界,存在于自然界中,我们对自然的整个支配,仅仅是因为我们区别于其他一切动物,能够正确认识和运用自然规律而已”。(恩格斯·自然辩证法·北京:人民出版社,1957,146)。实际上,早在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。因为抛开总体联系,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,却带来了明显的片面性。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越比形而上学要正确些。”(恩格斯·自然辩证法·北京:人民出版社,1957,26)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洞察普遍联系的道路”(马克思恩格斯选集第3卷·北京:人民出版

社, 1972, 468 页)。工业化带来的第二次浪潮思维正是“只见树木不见森林”, 而过分轻信还原论(reduction)。

第二次浪潮的思维, 在人和自然的关系上“改造论”占支配地位。在资本主义工业化阶段, 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。正是在这种思维支配下, 部门分割非常突出, 治水只从水本身着手, 把与水有关联的一切事物割裂开。在山上将树木砍光, 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。至于那种只顾发展生产, 不管环境好坏, 把本来人和自然协调的关系转变为人和自然的对立, 也是第二次浪潮的思想方法带来的后果。

1.4.3 先进的人们在觉醒

这是一个世界性的人类战胜自然最终受到自然报复的例子。P. H. 米勒(Miller)在 1939 年研究确认了 DDT 惊人的杀虫力, 美国很快生产出 DDT 并将其应用于卫生和农业系统。二次大战结束后, DDT 的使用量猛增。由于 DDT 与良种、化肥及农机等配合使用, 美国农作物单产在二战期间就翻了一番。同时, 广泛使用 DDT, 消灭虱子、臭虫和蚊子等对人类有害的动物, 使人类避免了霍乱、疟疾等流行病之害。显然, 这是战胜自然的辉煌成果, P. H. 米勒(Miller)也因此而获得诺贝尔奖金。

就在人类为战胜自然而沾沾自喜的时候, 一位颇具慧眼又勇于坚持真理的美国女海洋生态学家 R. 卡逊(Carson), 于 1962 年发表了《寂静的春天》。经过三年多的调查研究, 她揭露了施用 DDT 等农药会严重污染水体, 在杀死害虫的同时也杀死害虫的天敌——鸟类及益虫, 且通过食物链, 这种有机化合物的毒性在人体内以数十上百倍的速度富集, 使人致癌而死。这些本来已被证

实的事实，却触犯了美国化学工业集团的商业利益，因此 R. 卡逊 (Carson) 招致了不应有的围攻和谩骂。但铁的事实证明真理掌握在 R. 卡逊 (Carson) 手中。就在 1967 年~1972 年争论还在继续的时候，人们发现了 DDT 等农药对环境、生物和对人毒害的证据越来越多。美国政府不得不于 1969 年成立世界上第一个“国家环境保护署”，于 1972 年底首先向全世界宣布美国完全禁止使用 DDT。

人类“战胜”自然，随后又尝到自然报复的恶果。越来越多的科学家认识到：当初授予 DDT 的发明人 P. 米勒 (Miller) 诺贝尔奖是一个历史性错误，瑞典皇家科学院也对此项颁奖感到羞愧。R. 卡逊 (Carson) 勇于坚持真理的行为，则受到世人钦羡。

在 58 个国家 152 位科学界知名人士参加的通讯委员会协助下，为 1972 年联合国第一次人类环境大会准备的非官方报告，由 B. 沃德 (Ward) 及 R. 杜博斯 (Dubos) 编写的《只有一个地球》出版了。该书从“人类生存战略”高度，指出“认识生物圈与技术圈相互依存”的重要性，指出生态和社会经济的相互依赖性；对于生态破坏问题，作者是从整体上来加以探讨的，将这种生态破坏与人口、资源、工艺技术发展不平衡及城市化困境联系起来，这就跳出了第二次浪潮思维的局限性，既看到部分又看到了整体。书中的警世箴言特别值得深思：“在这个太空中，只有一个地球在独自养育着全部生命体系。地球的整体体系由一个巨大的能量来赋予活力。这种能量通过最精密的调节供给了人类。尽管地球是不易控制的，捉摸不定的，也是难以预测的，但是它最大限度地滋养着、激发着和丰富着万物。这个地球难道不是我们人世间的宝贵家园吗？难道不值得我们挚爱吗？难道人类的全部才智、勇气和宽容不应当都倾注它来使它免于退化和破坏吗？我们难道不明白，只有这样人类自身才能继续生存下去吗？”

也是在 1972 年，另外一些先知先觉者，如 P. H. 米多斯

(Meadows) 等人,应用系统动力学动态仿真技术,将人口增长、可耕地资源、农业投资、工业投资及污染指数,绘制成包括 100 多个因子的因果反馈关系图,建立了人口、工业、污染、粮食和资源相互关系的世界模型,出版了《增长的极限》一书。书中提出:“如果世界人口、工业化、污染、粮食生产以及资源消耗按现在的增长趋势不变,这个星球上的经济增长就会在今后一百年内某一个时候达到极限。”同时又指出:“假如改革增长方式,处理好人口、工业化、粮食生产、资源消耗和污染之间的关系,增长的极限就不会到来。”这本是一个反馈信息,提醒人们正确处理人口、资源、工农业生产与环境污染之间的关系,以使增长的极限不会到来,却遇到严厉的批判。我国的某些学者将其称为“悲观论者”,西方有人称其为“末日论者”。J. L. 西蒙(Simon)写了另外一本书《The last resources》(最后的资源)中文版的书名译为“没有极限的增长”)认为人类的资源没有尽头,人类的生态环境日益好转,恶化只是工业化过程中的暂时现象,粮食在将来不会成问题,人口未来自然达到平衡。看来乐观派过于乐观。随着科学技术的进步,过去不是资源的可变成资源,在这个意义上说,资源是无限的;但在特定时段内,在一定的技术条件下资源又是有限的。粮食在将来不成为问题,但现在却有上千万人挨饿。因此,必须依靠科技合理利用自然资源,实施正确的发展战略,使社会经济与生态环境协调发展,前景才能是美好的。盲目乐观于事无补。

1978 年,苏联的 B. B. 索恰瓦(Сочева)在《地理系统学说导论》中提出“人类与自然共同创造”的思想,指出:“所谓人类与自然共同创造,是指人类对于提高自然力的有益努力,和潜藏在自然界中一切有益的可能性的发挥……按整个任务来讲,人类与自然共同创造接近于人类对自然的改造。但是在前一种情况下指的是对问题的另一种态度和干预自然过程和秩序的根本不同的另