

生态理论丛书

生态工程学导论

杨京平 主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

生态理论丛书

生态工程学导论

杨京平 主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

生态工程学导论/杨京平主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4

(生态理论丛书)

ISBN 7-5025-6844-1

I. 生… II. 杨… III. 环境生态学 IV. X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 023468 号

生态理论丛书

生态工程学导论

杨京平 主编

责任编辑: 夏叶清 曾照华

责任校对: 于志岩

封面设计: 关 飞

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 21½ 字数 354 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6844-1/X·619

定 价: 42.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

丛书前言

长期以来，由于人类对自然资源无节制地开发和向自然界大量排放、倾泻废弃物，形成了一系列全球性的生态环境问题，如温室效应、臭氧层破坏、土地沙漠化、水体污染、海洋生态危机、濒危物种灭绝等，这些环境问题已严重威胁到人类生存的地球，不但破坏了人类生存的环境，而且对人类自身的生产和社会环境带来了严重的后果。正因为如此，可持续发展已经成为国际社会及各国政府的共识，并促使可持续发展从概念落实到国际社会成员的行动上。

随着对环境污染与生物濒临灭绝所产生危害的深入认识，使生态学日益受到重视，而生态学也为可持续发展提供了所需要的理论基础。生态学的发展使人类进一步深入认识到了生物与环境、生物与生物及与人类社会环境相互之间的关系。在 20 世纪 40 年代，Linderman 对于生态系统能量流及营养动力学的研究使生态学从定性走向了定量，从而建立起了自己的理论与方法。50 年代美国生态学家 Odum 兄弟对生态学进行了长期定位研究与观测，建立了系统生态学的理论与方法手段，使得生态系统的概念、能值的分析方法在目前自然系统、社会系统和经济系统中得以普遍地应用。生态学发展到今天，早已突破了原来的基于自然科学研究范围的界限，正在日益同其他学科体系融合，形成了新的生态哲学、生态美学、生态工程学、景观生态学、恢复与保育生态学、生态毒理学、污染生态学、流域生态学等不同的学科体系。生态学中的许多原理或原则，成为社会与人类可持续发展的理论基石。生态学已经发展成为一门崭新的、基于量化具有自己理论技术体系的科学。生态学是一门研究生物与环境、人类与环境相互作用的科学。随着量化研究与技术手段的不断发展，其与数学、化学、信息学科的交叉促进了 20 世纪后半叶在数学生态学、化学生态学、信息生态学的研究方面取得了一系列新的进展。生态学同产业部门的结合以及系统生态学的发展，促进了农业生态学、林业生态学、草原生态学、气象生态学、园艺生态学、海洋生态学、湖沼生态及湿地生态的研究发展，应用生态工程技术解决

了采用传统的工业、物理与化学手段不能够解决的生态环境问题，并进一步推动了生态学理论的发展。随着科学技术的进步，生态学的新理论与新技术也日益结合到各个发展的学科中。遥感（RS）、信息与计算机技术、全球定位系统技术、基因与芯片等新技术的发展，使生态学在宏观与微观的生态系统领域中的技术手段的应用上发生了根本变化，强有力地推动了生态学在各个学科的发展，使得生态工程与设计、信息生态与微观生态技术、生态经济与产业生态成为未来生态学的热点与前沿方向。生态学的发展还为科学和社会之间建立了一个理论与技术桥梁，通过关注生态系统的环境与服务功能，研究发现人类社会面临的环境与经济发展问题，并寻求解决方案。1997年 Costanza 和 Goulder 在“Nature”发表的文章第一次使我们人类认识到地球生态系统为人类提供的生态系统服务价值（每年 33 万亿美元）远远超过我们人类社会生产价值的总和（18 万亿美元），因而生态学的发展成为研究生物、环境、资源及人类社会相互作用的基础和应用学科。

生物与环境的相互作用及其内部的相互关系构成了我们现实世界中丰富多彩的生态系统，为人类的生存发展提供了各种资源与生态服务功能，并维持水、大气、土壤生态健康和持续利用。20 世纪 90 年代初在巴西里约热内卢世界环境与发展大会的召开及中国 21 世纪议程的颁布实施，推动了运用生态学原理与技术对我国的资源、环境可持续利用，产业可持续发展与环境、生物保护、资源管理等问题的深入研究，使得如生态工程学、环境生态学、工业生态学、城市生态学、农业生态学、景观生态学、生态设计与规划、生态旅游等生态学理论与方法体系研究得到了快速发展。对于生态系统的管理和可持续利用，社会-自然-经济系统的生态规划、生态设计与评价，生物多样性的保护，环境污染过程中的生态问题，生态农业、生态城市与生态省的建设与发展方法，成为目前我国关注的焦点。联合国在新千年启动的全球生态系统服务功能的调查，也使生态学、生态系统生态学的理论与技术发展成为全球瞩目的领域。化学工业出版社为了推动生态、环境学理论与技术的科学发展与进步，瞄准目前生态与环境学科的一些前沿领域，组织编写了这套关于生态学理论与技术方面的丛书。这套丛书包括了《生态经济学》、《环境生态学》、《园艺生态学》、《信息生态学》以及《生态工程导论》等分册，在一定程度上反映了目前国内外环境与生态学理论与技术的发展应用状况，可以供有关从事生态、环境、生物保护及工程技术理论的科研、教学、技术推广应用人员参考。这套关于生态学理论的系列丛书是沟通作者与读者之间的一座很好的桥梁。随着数字化、信息化时代

的发展，在生态学科与科学技术发展的进程中，这套丛书必将成为推动我国生态学发展的宽广通畅的信息大道与桥梁纽带，推动生态学科更进一步地向新的高峰迈进。

杨京平
浙江大学

前 言

进入 20 世纪 60 年代以来，由于全球工业化的发展和城市发展的加快，人类生产与生活对水体、大气、土壤和环境造成严重破坏，污染带来的环境事故和生态灾难等不断发生，造成了自然灾害的增加、生物多样性及生态系统功能与健康的持续下降，给生态安全带来了严重威胁。因此，国际上逐渐认识到依赖于传统的工业与末端治理的技术不能解决这些由人类所造成的生物与环境不协调的问题，必须注重如何充分合理地利用自然资源，高效、持续、稳定地发展生产，同时又能推动当地经济的高速发展和环境系统、生态系统的协同进化。正是在这样的条件下，生态工程与技术伴随着人们对于环境、生态认识的深入而日新月异地快速发展。例如在中国各地涌现出的各种各样的农业生态工程模式与技术既是一种资源合理利用的技术，也是促进农业生态环境保护和维护生态平衡的综合治理技术。生态工程与技术自 20 世纪 80 年代以来，成为飞速发展的一门综合性的组装创新技术。

生态工程的建设是今后行业技术可持续发展的一个重要方向，它的最大特点就是尽可能地促进物质在生产系统内部的合理、多次循环利用，以尽可能地减少其他不可替代资源的投入，从而降低人类生产与生活活动对环境的破坏与造成的污染，同时提高系统的生产效率和效益。生态工程与技术通常是常规、适用技术，基于系统工程的理论结合工程手段的技术，是一种从生态学、经济学、环境学、工程学等多学科的角度结合在一起的优化组装、配套技术，其不仅是为了提高系统的生物学产量，而更主要的是在系统的物质、能量利用与转化过程中，如何把资源利用、环境保护等方面有机结合，从而达到使系统的经济效益、环境效益、社会效益三者统一。

自 20 世纪 70 年代以来，我国的生态工程理论与技术研究也取得了长足的发展。例如在农业生态工程与技术、生态模式、工业上的清洁生产和环境治理技术上，形成了自己的一些鲜明特色。正是在这种情况下，本书结合目前我国生态工程与技术建设取得的成功经验，通过从介

绍有关生态工程的理论与技术着手，重点地介绍有关生态工程在各个学科产业领域的典型模式与技术：包括了农业生态工程、环境生态工程、工业生态工程、景观生态工程、湿地生态工程、城市与园林生态工程技术，使本书涉及了生态工程从理论到技术体系建设，从规划到实施，从农村、农业到工业、城市等领域的生态工程过程与技术要求。本书可以作为大专院校的教学教材，也可以作为农、林技术人员、环境工程人员的技术参考用书，同时可供广大的科技工作者与管理人员、干部培训的参考用书。

本书由杨京平博士主编。全书共分9章，主要编写人员为：杨京平编写第一章，第二章；金洁、杨京平编写第三章；汪华硕士编写第四章、第七章；金洁硕士编写第五章、第六章；冯涛硕士编写第八章、第九章。全书由主编校阅定稿。

本书在编写过程参阅和引用了众多新的出版资料，农业、环境、工业生态及湿地、景观生态工程建设与技术研究的资料和成果，在此表示衷心的感谢。

最后，笔者希望本书的出版能对我国的生态工程与技术的发展和建设起到推动作用，并希望能在国家级生态示范区工程建设、生态农业示范县建设与西部大开发、环境保护中更好地促进生态工程与技术的全面开展与应用。由于生态工程理论与技术涉及面广、综合性强，加上作者的水平和掌握的资料有限，缺点与不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

杨京平

2005年1月于浙江大学

内 容 提 要

本书是“生态理论丛书”之一，较全面、系统地阐述了生态工程及相应技术。全书内容共分九章，分别介绍了生态工程学原理、发展的历史与主导原理，生态工程的设计理论与方法，关于农业、工业、环境、景观、湿地、城市及园林建设中生态工程的理论应用和相应的技术配套体系，目前高新技术在生态工程学领域中的应用。书中列举了大量生动典型的实例和相关的技术措施，从而有助于读者从理论到实际了解、学习、掌握有关生态工程的理论与技术，并能够在实际中加以应用。

本书可作为高等学校生态、环境保护、农学、林业与园林专业的本科、专科及研究生的教科书，也可以作为具有大专以上文化水平，从事生态、环保、农林科技工作者、技术人员和管理干部作为技术开发参考书阅读使用。

目 录

第一章 概述	1
第一节 生态工程定义	1
一、生态工程学的来源.....	1
二、生态工程的定义.....	1
三、生态工程与工程的关系.....	4
第二节 生态工程动态	5
一、国内外生态工程的现状.....	5
二、国内外生态工程的特点.....	10
第三节 生态工程建设的基本原理	10
一、生态工程的生态学原理.....	11
二、生态工程的区域性原理.....	14
三、生态工程技术调控原理.....	16
第四节 生态工程的发展趋势	20
一、国内外对于生态工程发展的论述.....	20
二、生态工程的发展趋势.....	24
主要参考文献	25
第二章 生态工程设计	27
第一节 生态设计的原则与技术路线	27
一、生态工程设计的原则.....	27
二、生态工程设计的技术路线及原则.....	30
第二节 生态工程设计技术体系	35
一、生态分析技术.....	35
二、模型与数据库技术.....	37
三、生态工程模型的构建.....	37
四、生态工程模式设计技术.....	39
五、生态工程的效益评价.....	40

第三节 生态工程设计实例	43
一、人工湿地处理污水生态工程设计	43
二、农业生态工程与景观规划与设计	46
主要参考文献	51
第三章 农业生态工程	52
第一节 生态农业工程模式概述	52
一、生态农业模式具体内涵	52
二、生态农业工程模式设计	52
三、生态农业工程模式的分类	54
第二节 生物立体共生型农业生态工程与技术	55
一、立体种植型	56
二、立体养殖型	57
三、立体种养型	58
第三节 以沼气为纽带的农业生态工程	61
一、“四位一体”生态模式	61
二、“猪-沼-果”农业生态工程模式	63
三、“猪-沼-竹”模式	64
四、以沼气为纽带的生态工程模式（杭州市浮山村为例）	64
第四节 生态环境综合整治型农业生态工程	66
一、“围山转”模式	66
二、以水土流失治理为中心的模式（以黑龙江拜泉为例）	67
三、林业综合开发生态模式（以浙江安吉县为例）	68
四、小流域综合开发生态工程模式	70
第五节 农业生态工程评价与分析	75
一、农业生态工程评价原则、类型	75
二、农业生态工程评价的内容	76
三、农业生态工程评价的方法	76
四、生态农业效益分析	78
第六节 生态农业旅游工程	81
一、生态农业旅游的内涵	81
二、生态农业旅游的特点	82
三、生态农业旅游的兴起	83
四、生态农业旅游的开发	84
主要参考文献	89

第四章 工业生态工程原理与技术	91
第一节 工业生态园工程	93
一、工业生态园简介	93
二、工业生态园的理论基础	96
三、工业生态园的设计、建设、评价	100
四、工业生态园实例分析	106
第二节 工业生态链	112
一、工业生态链概述	112
二、工业生态链网	115
第三节 工业生态技术	119
一、秸秆工业生态技术	119
二、资源生态化利用的生化过程问题	120
三、多联产系统	122
四、发酵工业菌丝体的生态化利用	123
五、冶金生产系统固定 CO ₂ 的探索	124
主要参考文献	126
第五章 环境生态工程原理与技术	128
第一节 环境保护与可持续发展	128
一、环境污染现状	128
二、三大主要环境污染	129
三、可持续发展的理解	131
四、可持续发展具有的现实意义	132
五、我国可持续发展的战略	132
第二节 环境生态技术	133
一、环境生态技术的概念	134
二、环境生态技术的内涵	134
三、环境生态技术的具体介绍	135
四、环境生态技术的应用及发展	142
第三节 环境系统工程	143
一、环境系统工程概述	143
二、环境系统模型	146
三、环境系统规划	149
第四节 环境生物工程	156
一、环境生物工程的兴起	156

二、环境生物工程的内容·····	157
三、环境生物工程的发展趋势·····	159
四、环境生物技术的展望·····	161
主要参考文献·····	162
第六章 湿地生态工程 ·····	164
第一节 湿地生态系统 ·····	164
一、湿地的概念·····	164
二、湿地分类·····	165
三、湿地生态系统的功能·····	166
四、湿地生态系统模型·····	168
五、湿地生态系统的展望·····	170
第二节 湿地评价与监测 ·····	171
一、湿地价值·····	171
二、湿地价值的评价·····	174
三、湿地监测·····	178
第三节 湿地生态工程模式与相关技术 ·····	180
一、湿地养殖模式·····	181
二、湿地种养结合模式·····	182
三、湿地生态旅游模式·····	182
四、湿地污染净化方面的利用模式·····	183
第四节 湿地保护与恢复 ·····	186
一、湿地退化现状及原因·····	186
二、湿地保护·····	188
三、湿地恢复·····	194
四、湿地恢复与重建的建议·····	197
主要参考文献·····	198
第七章 景观生态工程及规划设计 ·····	200
第一节 景观建设与分析 ·····	200
一、景观生态学理论基础·····	200
二、景观生态规划·····	203
三、景观分析与评价·····	209
第二节 景观保护工程 ·····	212
一、景观保护·····	212

二、景观生态与生物多样性的保护·····	213
三、自然保护区与景观生态保护区·····	216
四、土地资源的合理利用·····	220
第三节 景观退化与景观安全建设·····	224
一、景观退化·····	224
二、生物入侵·····	227
三、景观安全·····	229
主要参考文献·····	231
第八章 城市园林生态工程·····	234
第一节 城市园林与景观·····	234
一、城市生态系统·····	234
二、园林的发展·····	236
三、园林在城市生态系统中的作用·····	238
四、生态园林城市·····	241
五、城市园林建设要符合的特性·····	244
六、我国城市园林景观的情况·····	245
第二节 城市生态园林工程·····	245
一、“生态园林”的概念和特点·····	246
二、生态园林的类型·····	248
三、生态园林建设原则·····	249
四、生态园林工程的建设·····	253
五、生态园林建设应注意的问题·····	258
六、生态园林建设是城市可持续发展的必要途径·····	260
第三节 城市生态绿化工程·····	261
一、绿地的概念·····	261
二、绿地的类型及使用情况·····	262
三、绿化的原则·····	263
四、绿化的方法·····	265
五、不同绿地的植物配置·····	271
六、园林绿化中的误区及应注意的问题·····	274
主要参考文献·····	277
第九章 信息技术在生态工程的应用·····	279
第一节 地理信息系统·····	279

一、地理信息系统简介 (Geographical Information System, GIS)	279
二、地理信息系统在农业生态工程中的应用	283
三、地理信息系统在森林生态工程中的应用	287
四、地理信息系统在流域和海洋生态工程中的应用	293
五、地理信息系统在工业与城市生态工程中的应用	296
第二节 遥感技术	299
一、遥感简介 (Remote Sensing, RS)	299
二、遥感在农业生态工程中的应用	301
三、遥感在森林生态工程中的应用	306
四、遥感在流域和海洋生态工程中的应用	309
五、遥感在工业与城市生态工程中的应用	312
第三节 计算机模拟分析技术	315
一、计算机模拟技术简介	315
二、模拟技术在生态农业工程中的应用	318
三、模拟技术在森林生态工程中的应用	321
主要参考文献	324

第一章

概 述

生态工程是 20 世纪 60 年代提出来的包括生态学、工程学等多学科的相互交叉渗透的应用学科领域，它是在特定的历史与环境条件下产生并逐步发展起来的。生态工程与其他工程技术手段一样，有自己的一整套的科学原理与技术体系。其包括了科学的原理、生态工程范围的界定、明确的目标、适宜的生物技术与工程手段、效益的评估和环境的保护等等。

第一节 生态工程定义

一、生态工程学的来源

生态工程学结合了生态学的原理来解决环境的问题 (Patrick C. Kangas, 2003)。生态工程的目的在于利用工程技术创造新的综合化的生态系统。在这个领域内生态工程的设计包括了废水的处理、水土流失控制、生态恢复及其他的多种应用过程。生态工程的意义在于创造出能替代传统技术解决办法的低成本、高效益的替代模式。生态工程的一些设计受到古代人们管理多功能稻田生态系统的影响，而现在其他的生态工程则高度依赖于高精尖的技术如密封的生命支持系统。因此，生态工程提供了一个专业化的、运用新的知识技术手段来解决人和自然之间的问题。

二、生态工程的定义

生态工程的定义到目前为止仍然存在许多争议。Teal (1991) 认为：“生态工程是利用基于自然的生态系统过程或是仿造自然系统获取工程的目标”，因此生态系统被设计、建造和操作用于解决环境问题，

而且不同于传统技术所强调的那样。生态学家和工程技术人员对于生态工程都有着不同的见解认识,这方面在国外报道很多。

一些国外的工程师认为生态工程是一种环境工程的子集,主要应用传统技术来解决环境问题。

在国外,生态学家和工程学者正在逐步认识到这个问题,因而提出了“以自然进行设计”的理念,在恢复生态学和相应的技术也有许多的项目工程进行,生态工程用于创建利于人类和自然的新的设计手段。

生态工程的概念最早是由 H. T. Odum 提出的,它应用了群落工程的概念“Community Engineering”,群落涉及到生态群落或是在一个生态系统中相互作用的物种种群。H. T. Odum 作为生态工程的开拓者,也非常重视将生态系统的一些理念、原理应用到实践中去,并且完成了多项生态工程设计应用项目。如在得克萨斯州 Aransas 港口的主要生态系统设计(1963),北卡罗来纳州 Morehead 城市及佛罗里达州 Gainville 的生活污水湿地处理生态工程。这两个工程综合应用了微生物和环境计量系统,并且开发形成了“能流语言”进行生态工程的设计。

生态工程成为一个新的学科领域仅不到 30 年的时间,目前“生态工程”一词在工程与学术领域频繁使用,关于 1992 年出版了 Ecological Engineering 国际性的学术期刊,标志着对生态工程领域的研究和应用在世界范围内的逐步扩大。1993 年国际的生态工程协会正式成立,美国也在 2001 年成立了美国生态工程协会。

工程是指人类设计的具有特定结构与功能的生产工艺系统,生态工程则是应用生态系统中物种共生与物质循环再生原理,结合系统工程的最优化技术而设计的分层利用物质和能量的生产工艺系统,它是近四年来发展较快的应用生态学分支之一。美国 H. T. Odum 将生态工程定义为“为了控制生态系统,人类应用来自自然的能源作为辅助能对环境的控制”,管理自然就是生态工程,它是对传统工程的补充,是自然生态系统的—个侧面。20 世纪 80 年代后,生态工程在欧洲及美国逐渐发展起来,并出现了多种认识与解释,并相应提出了生态工程技术 [Uhlmann (1983), Straskraba (1984 1985) 与 Gnauck (1985)],即“在环境管理方面,根据对生态学的深入了解,花最小代价的措施,对环境的损害又是最小的一些技术”。在我国,生态工程的提出是由已故的马世骏先生在 1979 年首先倡导的。我国生态学家、生态工程建设先驱马世骏先生(1984)给生态工程下的定义为:“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,结合结构最优