

研究生教学用书  
教育部研究生工作办公室推荐

# 生态工程学

Science of Ecological Engineering

(第四版)

钦 佩 安树青 颜京松 主编



南京大学出版社

研究生教学用书  
教育部研究生工作办公室推荐

# 生态工程学

Science of Ecological Engineering

钗 佩 安树青 颜京松 主编

(第四版)



南京大学出版社

## 内 容 提 要

本书是我国生态工程学领域的经典教科书,是教育部研究生办公室推荐的研究生教学用书。当然,也适用于本科生教学使用。本书的主要内容为:前五章是有关生态工程学的理论和方法部分;包括生态工程的定义、由来和发展,原理,模型、设计和能值分析。后五章是有关生态工程学的应用部分;包括在生态恢复、污染物治理与资源化利用、复合农业、城镇发展以及海滨生态系统等方面的生态工程技术及其应用实例。其中理论部分有相应实例的剖析,应用部分有相关理论的阐述;这有利于读者更好地了解这门新学科,更好地消化有关内容。本书第四版在第三版基础上又做了不少更新和补充,尤其是第5章和第10章。本书可作为高等学校生态、环科、农学、林学等专业的本专科生和研究生的教科书,也可作为有关专业科技人员的科研和科技开发参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

生态工程学 / 钦佩, 安树青, 颜京松主编. —4 版.

—南京: 南京大学出版社, 2019. 6

ISBN 978 - 7 - 305 - 22251 - 1

I. ①生… II. ①钦… ②安… ③颜… III. ①生态工  
程—高等学校—教材 IV. ①X171.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 103464 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

出版人 金鑫荣

书 名 生态工程学(第四版)

主 编 钦 佩 安树青 颜京松

责任编辑 刘 飞 蒋 平 编辑热线 025 - 83592146

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京京新印刷有限公司

开 本 787×960 1/16 印张 23 字数 420 千

版 次 2019 年 6 月第 4 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 305 - 22251 - 1

定 价 58.00 元

网址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

官方微信号: njupress

销售咨询热线: (025)83594756

\* 版权所有,侵权必究

\* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购  
图书销售部门联系调换

## 四版前言

从1998年本书第一版问世以来,已走过20年。回顾2008年第三版出版以来的十年,变化何其大?全球变化和世界经济发展已让我们目不暇接。从1997年制定了《京都议定书》到2015年12月12日在巴黎气候变化大会上通过了《巴黎协定》,全球大多数国家达成共识:将21世纪全球平均气温上升幅度控制在2摄氏度以内,并将全球气温上升控制在工业化时期水平之上1.5摄氏度以内。然而一纸协定是何等脆弱,换届后的美国特朗普政府于2017年6月公然宣布退出,这种在保护地球环境中开倒车的行为显然拖了世界潮流的后腿。

随着经济发展,中国二氧化碳的排放量在迅猛增加。面对这一变化,中国政府积极应对,不仅立法机构很快批准了《巴黎协定》,而且加大力度,付诸行动。截至2017年底,我国碳强度已经下降了46%,提前3年实现了下降40%至45%的上限目标;我国森林蓄积量已经增加21亿立方米,超额完成了2020年的目标;我国可再生能源占一次能源消费比重达13.8%,距离所承诺的2020年达到15%还有一定距离,但是2020年这个目标肯定能完成。力争在一段时间内逐渐解决温室气体问题,为人类做出自己应有的贡献。

对于我们这样一个有13亿人口大国来说,尽量做到资源的最大节约和污染物的资源化利用,势在必行。各行各业都要追求高效率、低消耗、低排放。对于生态学界,更应有所动作。即加强生态工程学知识的教育和普及,推广运用生态工程技术,为我国建设生态文明,在“基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式”中做出应有贡献。

为此,我深感到出版本书第四版的必要,更新有关知识和研究案例,调整并增补相关内容,以适应形势发展和社会需求。第四版新增的章节内容有:第五章“生态系统能值分析”中补充“5.3.3 互花米草生态系统最大功率化研究”;第十章中补充“10.3.6.3 互花米草与野放麋鹿”等。第四版为了帮助读者扩大视野,助力自主学习,还应用新技术增加了相关研究和成果的连接:

链接1 Integrated water quality, emergy and economic evaluation of three bioremediation treatment systems for eutrophic water;链接2 Emergy evaluation of Mai Po mangrove marshes;链接3 互花米草在江苏省滩涂开发中的作用;链接4 科技先锋特辑—痴迷于解风草的科学家;链接5 The positive and negative effects of exotic *Spartina* in China;链接6 *Spartina alterniflora* invasions in the Yangtze River estuary;链接7 Maximizing empower on a human—

dominated planet: The role of exotic *Spartina*; 链接 8 The annual habitat selection of released Père David's Deer in Dafeng Milu National Nature Reserve; 链接 9 我国培育耐盐水稻新品系获重大进展; 链接 10 Ecological engineering through the biosecure introduction of seashore mallow to saline land in China over 20 years.

第四版的更新、增补和调整工作由作者钦佩独立完成,不到之处恳请读者谅解。在第四版的编著过程中,引用南京大学盐生植物实验室研究生王金丽的研究成果“互花米草生态系统最大功率化研究”和研究生纪一帆、吴宝镭的研究成果“互花米草与野放麋鹿”,在此一并表示感谢。

钦佩

二〇一九年三月于南大

## 三 版 前 言

从1998年本书第一版问世以来,已走过十年。虽然2002年出了第二版,但由于第二版是应教育部研究生工作办公室推荐为“研究生教学用书”,故按要求未做大的改动和增补。然而,十年的变化何其大?全球变化和世界经济发展已让我们目不暇接。从1997年制定了《京都议定书》,规定在2012年前全球30多个国家要按照各自减排目标削减温室气体的排放。而2000年全球排放的二氧化碳仍有235亿吨。迄今为止,发达国家仍然是以二氧化碳为主的温室气体主要排放国,美国是世界上头号排放大国。然而,事态严重的是,包括中国在内的一些发展中国家的排放总量也在迅速增长。2000年,美国的二氧化碳排放量为中国的二氧化碳排放量的2倍;据预测,按现在的发展速度,到2010年和2020年,这倍数将分别降低至1.4倍和1.3倍,这说明了我国二氧化碳的排放量在迅猛增加。面对全球变化,国际合作活动也变得非常活跃,主要有联合国里约清洁开发机制和有助于减排的贸易等。我国近年来,清洁开发项目已经有所进展,国家鼓励并重点投资开发核能、氢能,进一步开发水电、生物质能、太阳能、风能、地热能,结合生态工程技术,采取多元化的路径,力争在一段时间内逐渐解决温室气体问题,为人类做出自己应有的贡献。

对于我们这样一个有13亿人口大国来说,尽量做到资源的最大节约和污染物的资源化利用,势在必行。各行各业都要追求高效率、低消耗、低排放。对于生态学界,更应有所动作。即加强生态工程学知识的教育和普及,推广运用生态工程技术,为我国建设生态文明,在“基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式”中做出应有贡献。

为此,我深感到出版本书第三版的必要,更新有关知识和研究案例,调整并增补相关内容,以适应形势发展和社会需求。第三版新增的章节内容有:第五章“生态系统能值分析”,包括第一节“能值概念与能值理论”;第二节“能值分析方法”和第三节“能值分析案例:海滨自然保护区的能值分析”;第六章“生态系统恢复”的第五节“海滨盐土生态系统修复”;第七章“污染物治理生态工程与循环经济”的第二节“可持续发展战略的操作”和第六节“生物质能”;第九章“城镇发展生态工程”的第五节“南京市住宅小区的生态健康评价”。此外,在相应章节增加的重要内容有:第一章“概论”第三节“生态工程的发展与应用”中增加了“全球变化与我国经济发展对生态工程的需求”;第八章第五节“农业产业化经营与生态农业技术”增加了“有机农业模式和农业循环经济模式”;第十章第三节“米草生

态工程”中增加了“对互花米草实施生态控制”等。第三版还调整了原第三章“生态工程模型”的内容,改第三节为“生态工程中常用试验设计方法”;删去了原第五章后的附加内容“能值分析方法”和原第八章后的附加内容“地理信息系统技术”。

第三版的更新、增补和调整工作由作者钦佩独立完成,不到之处恳请读者谅解。在第三版的编著过程中,万树文博士提供了“生态工程中常用试验设计方法”的编撰素材,研究生李卓然、张茜、张洁、孙东林和姚成参与了有关事务工作以及第一章、第七章和第九章的有关内容更新,在此一并表示感谢。

钦 佩

二〇〇八年五月于南大

## 第二版序

回溯生态学的发展历史我们可以看到,生态学在其产生之初就与社会的发展和生产实践有着紧密的联系,并随着社会的发展不断创新,逐渐完善。在生态学发展的初期,即 19 世纪,其研究内容侧重于生物有机体与其周围环境之间的相互关系。到了 20 世纪中期,由于人口急剧增长所带来的压力以及经济发展和技术进步这样的双刃剑所产生的负面效应,社会发展出现了 PRED(人口—资源—环境—发展)之间不能相互协调的综合征。在这样的背景下,生态学在社会上被重新定位。它摆脱了长期困扰其发展的自然主义倾向的束缚,把研究系统之外的人变成生物圈之内的人,把人类及其生产活动列入生态学研究的复合系统之中,在解决当前的社会问题中充分发挥其原有的科学积累,并广泛吸收、融会自然科学、经济科学、社会科学和技术科学的精华,这使生态学得以迅速发展,并以崭新的面貌登上当代科学的舞台,由过去备受争议的丑小鸭经过现实的锻炼脱颖而出,逐渐成为引人注目的白天鹅。尽管它的羽翼还不够丰满,结构还不够完善,但它充满了活力,面对着无限的发展空间,前途一片光明。

在不断的探索和实践过程中,生态学逐渐分化出许多分支学科,生态工程学就是其中的一个突出代表。尽管朴素的生态工程概念早已渗透在人类的长期活动实践中,但作为一门学科的出现则仅有 30 年的历史。生态工程学是以生态学的基本理论为基础,广泛地吸收系统科学、工程技术科学以及信息技术的精华,结合工农业生产和实践的需要而发展起来的一门边缘性学科,目前它已成为生态学研究中的热点和前沿。

生态工程学近年来在国际上发展很快,不仅在工农业生产、城乡建设以及环境治理的实践中发挥了巨大的作用,同时也发表了大量的科学论文和有关专著,并出版了专业的刊物,它标志着这门年青学科的茁壮成长,并发挥着愈来愈重要的作用。

生态工程思想在我国有着悠久的历史,天人合一的系统论思想在我国古已有之,并渗透到生产、生活和文化的多个领域。新中国成立后以马世骏先生为代表的许多生态学家将这一思想提高到理论的高度,把生态学中的整体、协调、自生、再生等基本理论应用到农业发展、防护林营造、病虫害防治以及城市建设、环境治理等工作实践中,达到了经济效益、环境效益和社会效益三赢的成效。

目前人类正面临着全球环境变化以及经济全球化的问题,而我国社会经济目前正处在快速发展时期,面临着加入 WTO 后的机遇与挑战,大规模的生态建

设、环境治理以及西部大开发等工程正在实施,在这种情况下,生态工程学面临的不仅仅是挑战,更是难得的发展机遇。

我们很高兴地看到国家教委在1995年的《高校教学大纲》中已将“生态工程学”列入生态专业本科生的专业课程,同时钦佩、安树青、颜京松等专家已于1998年出版了我国第一本《生态工程学》专著,它不仅可以作为高等院校生态、环保、农学、林学等专业的学生教材,同时也为专业人员进行科学研究和技术开发提供了参考资料。2001年教育部又通过正式审定,将《生态工程学》列入推荐的研究生教学用书,并按统一要求再版。在本书再版之际,特此为序,望此书在今后的教学和生态建设中发挥更大的作用。

李文华

2002年4月22日

## 序

世纪之交,中国正在迅速城市化和工业化,经济总量快速增长,城市基础设施大规模建设,居民生活质量明显上升。这一快速的工业化、城镇化进程主要是在东部沿海及内陆部分人口密集地区展开的。强烈的现代化需求、密集的人类活动、快速的结构性增长和高物耗、高污染型的产业发展对城镇及区域生态环境的胁迫效应以正反馈的形式发展。水体、大气、土壤和生境的严重污染,农田、森林、草原、湿地的生态破坏,环境事故、生态灾难、生态难民及自然灾害频率的不断增加,生物多样性、水源涵养能力、生态服务功能及生态系统健康的持续下降给人民身心健康、国家环境安全和经济的持续发展造成了严重的威胁。

为此,国家不得不明令取缔、关闭和停产 15 类污染严重的乡镇企业。这些企业所蒙受的昂贵的经济损失宣告了传统的“先污染、后治理、先规模、后效益”的工业化模式在 20 世纪 90 年代中国的不可行性。

为了改善城乡生态环境,一些大中城镇投巨资兴建了一批污水、垃圾和烟尘治理工程,一些老大难的环境污染企业也被责令限期治理其环境问题。这种投资多、能耗大、运营成本高、且在有长期积累的后工业化国家所实施的末端治理工程,虽可取得明显的局部环境效益,但对长期亏损的国有企业,粗放型乡镇企业和举步维艰的各级城市基础设施建设来说,却是一个沉重的经济包袱。西方发达国家经过两个多世纪的产业革命和社会发展,以掠夺殖民地生态资源为代价,实现了农业社会向工业社会,乡村社会向城市社会的过渡,中国要在 50 年时间内达到中等发达国家的水平,我们既没有全球广阔的殖民地生态资源,也没有两个多世纪的时间跨度。早期工业化国家的环境污染和殖民地国家生态破坏的环境代价是我们的子孙后代所难以承受的。为顺利实现第三步战略转移,中国的科技工作者必须寻求一条新的产业革命和生态建设之路,从认识论、方法论和技术手段三方面去探索实现环境与经济协调发展的中国现代化模式。

90 年代兴起的产业生态学正是在这种形势下脱颖而出的一门研究社会生产活动中自然资源从源、流到汇的全代谢过程,组织管理体系以及生产、消费、调控行为的动力学机制,控制论方法及其与生命支持系统相互关系的系统科学,它被列入美国 21 世纪环境科学研究的优先领域。其核心是推进产业生态工程。

生态工程是近年来异军突起的一门着眼于生态系统持续发展能力的整合工程和技术,它根据整体、协调、循环、自生的生态控制论原理去系统设计、规划和调控人工生态系统的结构要素、工艺流程、信息反馈关系及控制机构,在系统范

国内获取高的经济和生态效益。不同于传统末端治理的环境工程技术和单一部门内污染物最小化的清洁生产技术,生态工程强调资源的综合利用、技术的系统组合、学科的边缘交叉和产业的横向结合,是中国传统文化与西方现代技术有机结合的产物。

从经典物理学发展起来的自然科学及其工程技术在推动产业革命、促进现代化进程方面立下了不朽功勋。但正是其还原论的学科分类将学科之间、部门之间、企业之间以及人与自然间的联系割裂开来,使现代产业形成链状而非网状结构、开环而非闭环代谢,造成了当代严峻的环境污染和生态破坏问题。传统环境工程脱离生态系统的整体代谢过程,通过高投入、高能耗方式对废弃物进行末端治理。而80年代以来兴起的清洁生产技术,从改革内部工艺着手,使废弃物减量化和环境影响最小化,但对于部门外的资源、环境及其他部门的共生关系却涉及甚少。

生态工程的概念是著名生态工程学家 H. T. Odum 及马世骏教授于60年代及70年代提出来的。但各自的侧重点却不同。西方生态工程理论强调自然生态恢复,强调环境效益和自然调控。中国生态工程则强调人工生态建设,追求经济和生态效益的统一和人的主动改造与建设,被认为是发展中国家可持续发展的方法论基础。

城乡环境污染及其所造成的生态破坏是工业革命和殖民主义的副产品。随着大工业的发展,专业化分工越来越细,经济效益成为企业生产的唯一目标。企业从遍布全球的自然生态系统中无偿或低偿地索取资源,并将生产和消费过程中未被有效利用的大量副产品以污染物或废弃物的形式排出厂外,形成环境问题。其实质是资源代谢在时间、空间尺度上的阻滞或耗竭,系统耦合在结构、功能关系上的错位和失谐,社会行为在经济和生态关系上的冲突和失调。人们只看到产业的经济过程,而忽视其生态过程;只重视产品的物理功能,而忽视其生态功能;只看到污染物质的环境负价值,而忽视其资源的正价值。城市环境问题的根源是产业和产品结构的不合理,科技支撑力的不适应,条块分割的管理体制,以产量产值为主的政绩考核指标和目标单一的短期行为,以及生态意识低下、生态教育落后的国民素质。

我国国有大中型企业基本上是50年代以来为适应计划经济的需求,在苏联体制影响下建立起来的。其原有产品结构单一,技术装备落后,管理体制僵化,企业活力低下,已不能适应当前市场经济发展的需求,离国际 ISO14000 标准相差甚远,在投资企业的环境整治方面显得力不从心。

80年代以来蓬勃兴起的、目前已与国有企业二分天下的乡镇企业机制灵活,市场竞争力强;但技术装备落后,物耗能耗大,环境污染严重,对区域生态破坏显著;急需根据当地生态条件调整结构,改革工艺,引进技术,更新换代,促进

企业的规模化、现代化和生态化。

近30年来,我国环境科学和生态科学队伍逐渐壮大,目前各级部门从事生态环境研究、管理、监测与教学的科技人员达数十万,但其学科发展远不适应于国家生态建设的需求。多数生态学家埋头于纯自然生态研究,环境学家则热衷于末端治理;而从事国民经济建设所真正急需的生态建设的认识论、方法论和技术手段研究的专业人员极少。

与典型的高新技术相比,生态工程通常是常规、适用技术的组装,其投资少,周期短,技术要求和人员素质不必过多追求高、精、尖。其实质是用生态经济手段解决环境问题,从系统整合中获取资源效益。生态工程研究与开发对于我国乡镇企业的更新换代,国有大中型企业的改造转轨无疑是一个重大的机会,也将为发展中国家提供一条依靠本地资源,促进城乡环境与经济持续发展的新路。

70年代以来,我国生态工程理论和实践研究取得长足的发展,成为中国生态学领先国际前沿的少数几个领域之一。但在技术手段、装备水平、推广规模、科研力度及社会认可方面却远远滞后于国家“可持续发展”战略的要求。特别是迄今为止,还没有一本系统的生态工程领域的教学参考书,生态工程专业技术人员更是寥寥无几。钦佩、安树青、颜京松编著的《生态工程学》一书正是顺应城乡生态建设对可持续发展技术的迫切需求,填补了我国这一领域教科书的空白,为大专院校师生提供了一本前沿领域的教学用书。作者均是多年从事生态工程教学、研究的第一线工作者,具有丰富的理论积累和实践经验。

全书共分九章。第一章系统综述了国内外生态技术和生态工程的发展过程及应用前景。第二章分别从生物学和工程学的角度阐述了生态工程的理论基础。城乡社会经济建设面临的是一个以人为中心的社会-经济-自然复合生态系统,其核心是人,动力是人,破坏力也是人。运用生态控制论原理去促进资源的综合利用,环境的综合整治及人的综合发展是生态工程的核心。生态学和工程学,或整体论科学与还原技术的有机结合,是生态工程建设的关键。生态工程的目的就是以复合生态系统理论和产业生态学方法为基础,促进硬技术的软组装和软科学的硬着陆,以生态经济效益解决环境问题;用生态建设促进产业发展,实现发展问题的科学化、系统化与生态化。

生态工程的方法论基础是系统工程。本书第三、四章从方法论的层面阐述了生态工程的设计和建模方法。新一轮的产业革命的先锋是生态科学的革命,著名生态学家 E. P. Odum 1997年最新出版的《生态学:科学和社会的桥梁》一书称生态学是一门独立于生物学,甚至自然科学之外的有关人类社会持续发展的系统科学;一门天人关系的系统哲学、改造自然的系统工程学和欣赏自然的系统美学,面对还原论与整体论,物理学与生物学,经济学与环境学,工程学与生物学的矛盾,生态科学的方法论正在面临一场新的革命;从结构的量化走向关系的

序化;从数学优化走向生态进化;从人工智能走向生态智能。人们通过测度城乡生态系统的属性、过程、结构与功能去辨识系统的时(届际、代际、世际)、空(地域、流域、区域)、量(各种物质、能量的代谢过程)、构(产业、体制、景观)及序(竞争、共生与自生序)的生态持续能力。完成这场科学与社会关系领域的革命,需要进行科研体制、发展战略和资源分配的大力度改革与重组。

检验一门新兴学科是否具有生命力的唯一标准是实践,本书第五章至第九章分别从生态恢复生态工程、环境治理生态工程、农林复合生态工程、城镇发展生态工程及海滩生态工程等方面介绍了我国城乡各类生态工程的评价、规划、设计、建设与管理方法。作者通过大量的实例揭示了生态工程建设在城乡可持续发展中的广泛应用前景,认为有着几千年“天人合一”人类优良生态传统的中华民族必须,也一定能够走一条非常规的现代化道路,开展一场中国式的产业革命、科技革命和体制改革,实现有中国特色的社会主义市场经济条件下的可持续发展。在这几章中,作者还结合实例,融汇了生态工程学有关理论、原理,并介绍了多项重要的生态工程技术,便于读者更好地学习、理解、掌握与运用。

当前,“可持续发展”已成为国内外学术界、政府部门及各行业流行的口号,以及论文、会议、报刊中出现频率很高的术语。可持续发展的实现需要扎扎实实的行动和行之有效的办法。《生态工程学》一书的出版向全社会揭示了中国式社会主义市场经济条件下可持续发展的技术路线和科学方法。虽然由于时间和环境等原因,本书所总结的生态工程原理、方法和实例还有待进一步的充实、完善和提高,但本书的出版无疑将有利于推动中国生态工程的教学、研究和能力建设,为促进城乡可持续发展事业奠定一块基石。

王如松

1997年12月20日

# 前 言

生态工程学现已发展成为当今生态学科的前沿领域。前美国生态学会主席 J. L. Meyer 在 1996 年美国生态学会年会的演讲中说,生态工程学、生态经济学、生态设计、产业生态学和环境伦理学是生态学的未来所在,她赞扬在这些领域辛勤工作的人们“正在创造一个可持续的社会”,她明确指出:“生态工程学家解决河岸侵蚀问题的办法不是用混凝土,而是重建其原有的地貌和植被;这种研究不仅是一种试验,更代表了生态学原理的创造性应用。”鉴于生态工程学科的重要地位和飞速发展,国家教委在 1995 年的《高校教学大纲》中明确规定将“生态工程学”列入生态专业本科生的专业课程。然而,迄今为止尚未有一本“生态工程学”教科书问世。因而,紧迫感和责任心催促着我们动手编著这本《生态工程学》。我们开章明义交代出书的宗旨,就是希望这第一本生态工程学教科书能尽快投入到我国生态工程的教育和科研中去,为推动我国生态工程学的学科发展发挥其应有的作用。

本书的结构和主要内容是这样安排的:前四章是有关生态工程学的理论部分,包括生态工程的定义、由来、发展、原理、模型和设计。后五章是有关生态工程学的应用部分,包括在生态恢复、污染治理、复合农业、城镇发展以及海滩开发与管理等主要方面的生态工程技术及其有关应用。当然,理论部分也会有实例的剖析,应用部分也会有理论的阐述,这是为了帮助读者更好地了解这门新学科,更好地消化有关内容。

为了将最新的知识奉献给读者,我们尽量将国内外最新的生态工程技术及有代表性的研究应用辑选至书中,在此向本书引用的有关资料和研究的作者顺表谢意。由于作者水平有限,再加上编著时间仓促,不免有许多疏漏之处;在此,谨向广大读者和同仁深表歉意,敬请及时与我们联系,不吝指正为感。

本书的第一、二章由颜京松、安树青执笔,第三、四章由安树青执笔,第六章由颜京松、钦佩执笔,第五、七、八、九章由钦佩执笔。全书由钦佩、安树青统一编撰,定稿。

在本书的编写过程中,研究生张晟途、朱学雷、吕文良、杨晓梅、张久海、陈兴龙、李国旗、谈健康和万树文等同学帮助打字、绘图和校对,对他们的辛劳深表谢意。

作者

1997 年 12 月于南京大学

# 目 录

<b>第 1 章 概论</b> .....	( 1 )
1.1 生态工程和生态技术 .....	( 1 )
1.2 生态工程的产生背景 .....	( 4 )
1.3 生态工程研究进展 .....	( 13 )
<b>第 2 章 生态工程学原理</b> .....	( 20 )
2.1 生态工程学的核心原理 .....	( 20 )
2.2 生态工程学的生物学原理 .....	( 32 )
2.3 生态工程学的工程学原理 .....	( 38 )
<b>第 3 章 生态工程模型</b> .....	( 41 )
3.1 生态工程模型的类型 .....	( 41 )
3.2 生态工程模型的构建步骤 .....	( 47 )
3.3 生态工程中常用试验设计方法 .....	( 53 )
<b>第 4 章 生态工程设计</b> .....	( 71 )
4.1 生态工程设计原则 .....	( 72 )
4.2 生态工程设计路线 .....	( 79 )
4.3 生态工程设计示范 .....	( 86 )
<b>第 5 章 生态系统能值分析</b> .....	( 104 )
5.1 能值概念与能值理论 .....	( 104 )
5.2 能值分析方法 .....	( 108 )
5.3 能值分析案例:海滨自然保护区的能值分析 .....	( 119 )
<b>第 6 章 生态系统恢复</b> .....	( 140 )
6.1 生态恢复的研究概述 .....	( 141 )
6.2 湿地的生态恢复 .....	( 144 )
6.3 矿区废弃地的生态恢复 .....	( 151 )
6.4 沙地、山地的生态恢复 .....	( 158 )
6.5 海滨盐土修复 .....	( 165 )
<b>第 7 章 污染物处理生态工程与循环经济</b> .....	( 173 )
7.1 环境保护和可持续发展 .....	( 173 )
7.2 可持续发展战略的操作 .....	( 179 )
7.3 建立无(少)废工艺系统 .....	( 183 )
7.4 污水处理和资源化生态工程 .....	( 189 )
7.5 分层多级综合利用废物的生态工程 .....	( 198 )

7.6	生物质能	(202)
<b>第8章</b>	<b>农林牧复合生态工程</b>	(208)
8.1	农林牧复合生态工程概述	(208)
8.2	农业可持续发展指标体系建立的研究	(212)
8.3	复合养鱼系统生态工程	(220)
8.4	林农综合经营生态工程	(227)
8.5	农业产业化经营与实用生态农业技术	(233)
<b>第9章</b>	<b>城镇发展生态工程</b>	(248)
9.1	城镇生态系统的主要特征及质量调控	(249)
9.2	天津城市发展生态对策的研究	(263)
9.3	功能区建设模式——江苏扬中生态岛建设	(268)
9.4	“全球500佳”——浙江夏履生态镇建设	(273)
9.5	南京市住宅小区的生态健康评价	(278)
<b>第10章</b>	<b>海滨生态系统与生态工程</b>	(299)
10.1	海滨生态系统及其管理	(299)
10.2	海滨生态工程概述	(310)
10.3	米草生态工程	(314)
10.4	海滨盐土农业生态工程	(333)
<b>附录</b>	<b>生态系统能值分析中能量原始数据计算方法</b>	(339)
<b>参考文献</b>		(342)

# 第1章 概 论

早期的生态学只是一种观点,通过近一个世纪的努力,我们为复杂的自然现象建立生态学概念、方法和理论。即便如此,生态学也仅被为数不多的从事学术和应用研究的生物学家以及牧场、林业、渔业和狩猎区的管理人员所熟悉。时至今日,生态学已从朦胧走向光明。自20世纪60年代以来,人口危机、能源危机、粮食危机、资源危机,特别是生态环境危机已引起广大公众和政府的关注,生态学被视为解决这些危机的科学基础。因此,从那时起,生态学面临着两个发展方向,即从复杂的自然环境关系中逐步完善和发展生态学理论和方法,同时根据其理论和原则,对许多实际问题提供专门指导,解决现实和未来的生态环境危机。在此情况下,应用生态学应运而生。

近10年来,生态工程学发展为应用生态学的热点分支之一。它是一门新兴的多学科交叉渗透形成的边缘学科和综合工程学,它以复杂的社会-经济-自然复合生态系统为对象,应用生态系统中物种共生,物质再生循环,以及结构与功能协调等原则,结合系统工程最优化方法,以整体调控为手段,以人与自然协调关系为基础,高效和谐为方向,时空结合为主线,为人类社会及其自然环境双双受益和资源环境可持续发展而设计的具有物质多层分级利用,良性循环的生产工艺体系。以期同步取得生态环境效益、经济效益和社会效益。生态工程是一门实用技术,它已成功地用于废污水资源化处理、湖泊富营养化控制、热带森林管理、盐场管理、水产养殖、土地改良、废弃地开发和资源再生等方面,取得了显著的效益。

本章将分三节分别介绍生态工程技术及其与环境工程、生物工程、高新技术和清洁技术的区别;介绍生态工程产生的背景、途径和不同途径的特征;以及生态工程在中国和国外的发展和运用进展情况。

## 1.1 生态工程和生态技术

### 1.1.1 生态工程和生态技术

我国学者马世骏早在1954年曾提出生态工程一词,而公认的生态工程思想