

环境科学与技术应用系列丛书



生态工程理论基础 与构建技术

范志平 曾德慧 余新晓 主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

环境科学与技术应用系列丛书

生态工程理论基础 与构建技术

范志平 曾德慧 余新晓 主编
李国旗 李法云 孙周平 吴祥云 副主编



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

生态工程理论基础与构建技术/范志平, 曾德慧, 余新晓主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 9

(环境科学与技术应用系列丛书)

ISBN 7-5025-7688-6

I. 生… II. ①范…②曾…③余… III. 环境生态学 IV. X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 112719 号

环境科学与技术应用系列丛书

生态工程理论基础与构建技术

范志平 曾德慧 余新晓 主编

李国旗 李法云 孙周平 吴祥云 副主编

责任编辑: 董琳 徐娟

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 周梦华

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)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<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

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 17¼ 字数 368 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7688-6

定 价: 45.00 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

《环境科学与技术应用系列丛书》

编辑委员会

主 任：臧树良

副主任：马 放 马溪平 李法云 李铁民

委 员（以姓氏笔画为序）：

大江宏（日本） 马 放 马溪平 任南琪

刘 强 关 伟 孙铁珩 李法云 李铁民

吴龙华 范志平 罗 勇 曾晓非 曾清如

臧树良

主 审：任南琪 孙铁珩

《生态工程理论基础与构建技术》编委会

主 编：范志平 曾德慧 余新晓

副主编：李国旗 李法云 孙周平 吴祥云

编 委（以姓氏笔画为序）：

于占源 王顺彦 牛健植 刘大勇 孙周平

杨伟力 李法云 李国旗 吴祥云 余新晓

陈伏生 陈道军 范志平 赵 琼 郭 浩

曾德慧

统 稿：范志平 曾德慧 余新晓

绘 图：范志平 孙周平

内 容 提 要

本书以生态工程基础理论及其构建技术为主线,在广泛吸收了国内外主要生态工程领域的最新研究成果,并紧密结合近年来生态工程建设实践的基础上编著而成。根据社会经济可持续发展的观点,论述了生态工程建设与生态文明和人类社会可持续发展的关系,阐述了生态工程的基本内涵、特征、尺度和边界以及发展现状,系统地提出了以生态系统健康学、生态系统管理学、恢复生态学、生态经济学和系统工程学等为基础的生态工程理论体系,归纳总结了生态工程设计与构建的目标、原则和技术路线。重点介绍了面向自然资源、社会经济与生态环境协调发展的生态工程理论基础与构建技术,内容包括流域生态系统管理与水土保持生态工程、湿地保护与利用生态工程理论与技术、防沙治沙生态工程理论基础与构建技术、特殊困难立地环境植被恢复生态工程理论与技术、矿区复垦生态工程理论与技术、农业生态工程理论基础与构建技术和城市生态工程构建理论与技术。

本书内容新颖,理论联系实际,可使读者全面地了解生态工程方面的基础理论与构建技术体系,具有较强的理论性、知识性、技术性和实用价值。本书可作为高等学校应用生态学相关专业的教材或教学参考书,也适于从事环境科学、应用生态科学等领域的专业人员,从事环境保护、环境管理、国土整治、生态工程等科学研究、教学和工程设计技术人员、管理人员,以及广大关心、支持生态环境事业的公众参阅。

总 序

随着社会经济的发展,各种环境问题层出不穷,环境污染和生态破坏已严重危及到人类自身的生存与发展。从全球范围来看,环境问题已成为影响国际关系的重要因素,引起了世界各国政府首脑的极大关注。环境科学是一门新兴的综合性学科,其特点体现在发展历史较短。在发达国家,它只有 50 余年的发展历史,在中国则只有近 30 年的发展历史。随着经济的发展,人们对环境问题的认识不断提高,环境科学学科体系也一直处于完善与发展之中。从环境科学的主要任务来看,环境科学应是探索全球范围内的环境演化规律,揭示人类活动同自然生态系统之间的关系,探索环境变化对人类生存的影响,研究区域环境污染综合防治技术和管理措施等。可以说,环境科学是自然科学、社会科学、人文科学、工程技术的交叉学科,综合性是它与其他学科相比的一个最基本的特点。

目前,环境科学与工程学科在中国的发展极为迅速,环境市场日益繁荣。为了满足从事环境生物学、环境化学、环境生态学、污染环境生物修复、水污染控制、环境经济与管理等方面的教学、科研、技术和管理人员的需要,由辽宁大学环境与生命科学学院和哈尔滨工业大学环境工程系牵头,组织中国科学院生态环境研究中心、中国科学院沈阳应用生态研究所、中国科学院南京土壤研究所、中国社会科学院城市发展与环境研究中心、湖南农业大学资源与环境学院和日本亚细亚大学经营学部等单位的中外专家编写了《环境科学与技术应用系列丛书》。

本套丛书的编写人员都是在各自研究领域具有较高声望和一定造诣的专家和学者,并有国外学者参与编写。中国工程院院士孙铁珩研究员、“长江学者”特聘教授任南琪先生担任本套丛书的主审。概括起来,本套丛书具有如下特点。

(1) 学科的交叉性:根据环境科学学科新兴、综合性的学科特点,突出学科之间的交叉与渗透。

(2) 内容的系统性:围绕当前环境科学与技术的主要研究方向,对相关学科的基本理论进行了系统的介绍。

(3) 技术的实用性:针对当前的热点环境问题,原理与实践相结合,突出环境科学原理在解决实际环境问题中的应用。

(4) 知识的前沿性:瞄准环境科学学科的研究前沿,突出环境科学领域的最新研究进展,力求知识的新颖性。

为了全面落实科学发展观,促进环境科学技术的发展,化学工业出版社一直将环境保护类图书的出版作为出书的主要方向之一。本套丛书在编写过程中,得到了化学工业出版社的大力支持,在此表示感谢。

《环境科学与技术应用系列丛书》编辑委员会

2005 年 2 月

前 言

生态工程是一个多学科交叉融合的领域,是应用生态学的重要分支之一,主要运用生态学原理和方法,来认识、分析、研究和解决具体生态环境问题,是进行生态建设的重要工具。本书以生态工程基础理论及其构建技术为主线,在国家自然科学基金(项目编号:30100144)、辽宁省科技攻关重点项目(项目编号:2003207008)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(项目编号:KZCX3-SW-418)和水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室(北京林业大学)基金(项目编号:2003-004)部分研究成果的基础上,广泛吸收了国内外主要生态工程领域的最新研究成果,并紧密结合近年来生态工程建设实践案例编著而成。我们尽可能地在国内外最新研究和实践成果的基础上进行生态工程理论基础与构建技术的阐述,参考了国内外大量的相关文献,并引用了国内外生态工程领域的许多专著和教材的相关内容,在此对所有作者表示诚挚的谢意。

全书共分为8章。第1章为绪论,主要根据社会经济可持续发展的观点,论述了生态工程建设与生态文明和人类社会可持续发展的关系,阐述了生态工程的基本内涵、特征、尺度和边界以及发展现状,系统地提出了以生态系统健康学、生态系统管理学、恢复生态学、生态经济学和系统工程学等为基础的生态工程理论体系,归纳总结了生态工程设计与构建的目标、原则和技术路线。第2章至第8章重点介绍了面向自然资源、社会经济与生态环境协调发展的生态工程理论基础与构建技术。其中第2章以流域生态系统为对象,在流域生态系统管理的理论与实践基础上,介绍了有关流域生态系统管理与水土保持生态工程方面的相关理论与技术;第3章重点介绍了湿地保护与利用生态工程理论与技术;第4章详细阐述了防沙治沙生态工程理论基础与构建技术,包括土地沙化发生的机理分析、防沙治沙生态工程理论基础、沙地退化生态系统生态恢复的主要途径、防沙治沙生态工程构建技术、防沙治沙生态工程典型模式等;第5章以干热(旱)河谷、干瘠石质山地、盐渍土地等特殊困难立地为对象,阐述了特殊困难立地环境植被恢复生态工程方面的理论与技术;第6章通过分析矿产资源开发对生态环境的影响,提出了土地复垦生态工程是恢复矿区生态系统健康的重要途径,系统总结了矿区土地复垦生态工程的内涵与基本框架,阐述了矿区土地复垦生态工程的理论基础,归纳总结了矿区土地复垦生态工程的技术体系,介绍了国内外有关矿区土地复垦生态工程典型模式,提出了矿区土地复垦生态工程的发展趋势;第7章分析了农业生态系统的结构与功能,在生态农业理论与实践发展的基础上,论述了农业生态工程建设的基本原则与基本技术,详细介绍了农业生态工程典型模式及其构建技术,以及近年来农业生态工程发展中出现的无公害农业生态工程模式、

乡村旅游农业生态模式等新型模式，最后指出新形势下农业生态工程需要解决的主要问题；第8章详细阐述了城市生态工程构建理论与技术，主要包括城市生态系统的结构和特征、城市环境系统调控原理与方法、城市污水处理生态工程及典型模式、城市固体废物的管理与资源化利用、城市林业生态工程、城市环境景观多样性与异质性及其生态工程景观设计、发展生态建筑的理论与实践、城市生态环境管理与可持续发展等。

生态工程这个新领域发展历程较短，其理论和相关技术仍在不断地完善。由于生态工程融基础科学与应用科学于一体，用于恢复被人类活动严重干扰的生态系统，建立具有人类和生态价值的新型持续生态系统，达到资源的合理利用与社会经济的可持续发展，服务于人类社会的要求。因此，生态工程领域成为目前应用生态学最具活跃的领域之一，而且生态工程是许多生态学理论的检验手段，生态工程把生态理论和实践反馈给应用生态学，从而促进了生态科学的不断发展。许多生态学家如 Odum、Mitsch、Jorgensen、Scott 等在生态工程领域做出了卓越的贡献，成为生态工程领域的创始人；我国生态学家马世骏被誉为“中国的生态工程之父”，是我国生态工程领域的奠基人，后来李文华、颜京松、王如松等许多生态学家为我国生态工程理论与实践奠定了坚实的基础。近年来随着许多新理论、新技术、新方法的发展，为生态工程研究与实践注入了新的活力，生态工程领域进入了一个新的发展阶段，特别是一些具有一定影响力的著作也陆续出版，如《应用生态学》、《生态工程学》等，有力地推动了生态工程理论基础与构建技术的发展。本书吸取了以上生态工程研究与实践领域的新成果，阐述了主要生态工程类型的相关理论和应用技术，实际上生态工程领域如此之广泛，由于本书篇幅所限，还有许多类型未能包括在本书中，期待将来能更全面深入地论述。

本书第1章由范志平、曾德慧、余新晓编写，第2章由于占源、陈道军、刘大勇编写，第3章由曾德慧、陈伏生、陈道军编写，第4章由李国旗、吴祥云、王顺彦编写，第5章由郭浩、孙周平、陈道军编写，第6章由陈伏生、陈道军、范志平编写，第7章由孙周平、杨伟力、陈道军编写，第8章由赵琼、李法云、牛健植编写，最后由范志平、曾德慧、余新晓定稿。全书在编写过程中，得到了中国科学院沈阳应用生态研究所姜凤岐研究员和朱教君研究员、澳大利亚新南威尔士大学（University of New South Wales）Ross E McMurtrie 教授、David Pepper David 博士、Belinda Medlyn 博士等各位专家的指导，并在该书编著过程中提出了许多宝贵的意见和建议，同时得到了冀晓燕硕士和邓斌硕士的大力帮助，特别是中国科学院沈阳应用生态研究所、化学工业出版社、辽宁省科技厅为该书的出版提供了大力的支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，编者水平所限，不当之处恳请读者批评指正。

编 者

2005年5月8日于沈阳

目 录

1 绪论	1
1.1 生态文明与可持续发展	1
1.1.1 生态文明——人类社会发展的必然选择	1
1.1.2 可持续发展思想	2
1.2 可持续发展的生态学思考	3
1.3 生态工程——可持续发展的有效手段	4
1.4 生态工程的基本内涵	5
1.4.1 生态工程的内涵和基本特征	6
1.4.2 生态工程的尺度和边界	9
1.5 生态工程的发展	11
1.6 生态工程的理论基础	17
1.6.1 生态系统健康学理论	17
1.6.2 生态系统管理学理论	19
1.6.3 恢复生态学理论	21
1.6.4 生态经济学理论	28
1.6.5 系统工程学理论	30
1.7 生态工程的设计与构建	33
1.7.1 生态工程设计与构建的目标和原理（则）	33
1.7.2 生态工程设计与构建的技术路线	35
1.8 结语	37
2 流域生态系统管理与水土保持生态工程	39
2.1 流域生态系统的结构与功能	39
2.2 流域生态系统管理的理论与实践	41
2.2.1 流域生态系统管理的概念	41
2.2.2 流域生态系统管理的发展历程	42
2.2.3 流域生态系统管理的发展现状	44
2.2.4 我国流域管理存在的问题	45
2.2.5 流域生态系统管理的实质	46
2.3 水土保持生态工程构建技术	48
2.3.1 工程措施	48
2.3.2 生物措施	56

2.3.3	生物、工程综合措施	58
2.4	集水区水土保持生态工程体系主要生态服务功能	61
2.4.1	水土保持工程的主要生态服务功能	61
2.4.2	水土保持生态工程的生态效益评价(以辽西水土保持林工程为例)	66
3	湿地保护与利用生态工程理论及技术	69
3.1	湿地资源及其生态功能	69
3.1.1	湿地资源概况	69
3.1.2	湿地的生态功能	70
3.1.3	湿地的保护和利用	72
3.2	湿地生态系统及湿地保护与利用生态工程	76
3.2.1	湿地生态系统的基本特征	76
3.2.2	湿地保护与利用生态工程的内涵	76
3.2.3	湿地保护与利用生态工程的基本原则	77
3.2.4	湿地保护与利用生态工程的基本目标	77
3.2.5	湿地保护与利用生态工程的理论基础	78
3.2.6	湿地保护与利用生态工程的基本策略	78
3.2.7	湿地保护与利用生态工程的关键技术	79
3.3	湿地保护与利用生态工程的典型案例	81
3.3.1	美国 Hackensack 湿地保护区的生态恢复与管理	81
3.3.2	大庆油田开发区湿地恢复与保护示范工程	82
3.3.3	天津滨海地区湿地重建生态工程	83
3.3.4	江汉平原湿地生态系统的退化与生态恢复重建	84
3.3.5	松嫩平原大安古河道湿地的恢复与重建	85
3.3.6	洞庭湖湿地景观生态工程	86
3.3.7	拉萨拉鲁湿地生态系统恢复与重建	87
3.3.8	人工湿地污水处理生态工程	87
3.4	湿地保护与利用生态工程研究展望	88
4	防沙治沙生态工程理论基础与构建技术	90
4.1	世界荒漠化现状	90
4.2	土地沙化发生的机理分析	91
4.3	沙地生态恢复与防沙治沙生态工程	93
4.3.1	沙地退化生态系统生态恢复的主要途径	93
4.3.2	防沙治沙生态工程	94
4.3.3	我国防沙治沙生态工程研究与建设概况	95
4.4	防沙治沙生态工程理论基础	96

4.4.1	防沙治沙生态工程植被恢复的生态学理论	96
4.4.2	防沙治沙生态工程的风沙物理学理论	98
4.4.3	防沙治沙生态工程的社会经济学和系统工程学理论	98
4.5	防沙治沙生态工程构建技术	99
4.5.1	防沙治沙生态工程建设的基本原则	99
4.5.2	防沙治沙生态工程构建技术	101
4.6	防沙治沙生态工程典型模式	116
4.6.1	国外荒漠化防治典型模式	116
4.6.2	我国防治荒漠化典型模式	118
5	特殊困难立地植被恢复生态工程理论与技术	126
5.1	干热干旱河谷植被恢复生态工程理论与技术	126
5.1.1	干热干旱河谷植被恢复生态工程建设基本原理	127
5.1.2	干热干旱河谷植被恢复与生态环境建设的研究进展	128
5.1.3	干热干旱河谷植被恢复生态工程建设技术	131
5.1.4	干热干旱河谷植被恢复生态工程建设的适宜树种和优化模式	132
5.2	干瘠石质山地植被恢复生态工程理论与技术	134
5.2.1	干瘠石质山地植被恢复生态工程建设基本原理	134
5.2.2	干瘠石质山地植被恢复生态工程建设技术	135
5.2.3	干瘠石质山地植被恢复生态工程建设适宜树种和优化模式	136
5.2.4	干瘠石质山地植被恢复生态工程建设技术典型案例	138
5.3	盐渍土改良与治理生态工程技术	142
5.3.1	世界盐渍土的分布概况与危害	142
5.3.2	土壤盐渍化成因分析	144
5.3.3	盐渍土改良与治理生态工程技术	145
5.4	特殊困难立地植被恢复生态工程存在问题和发展趋势	149
6	矿区复垦生态工程理论与技术	151
6.1	矿产资源开发对生态环境的影响	151
6.1.1	矿产开发对土地资源造成严重破坏	151
6.1.2	矿产资源开发造成环境严重污染	153
6.1.3	矿产资源开发诱发各种自然灾害	154
6.1.4	矿区生态系统基本特征	154
6.2	土地复垦生态工程是恢复矿区生态系统健康的重要途径	155
6.2.1	土地复垦与土地复垦学	155
6.2.2	矿区土地复垦生态工程内涵与基本框架	160
6.3	矿区土地复垦生态工程的理论基础	161
6.4	矿区土地复垦生态工程的技术体系	163

6.4.1	矿区复垦生态工程规划技术	163
6.4.2	矿区复垦生态工程微地形改造技术	165
6.4.3	矿区复垦生态工程土壤改良技术	166
6.4.4	矿区复垦生态工程植被恢复技术	170
6.4.5	矿区复垦生态工程土地利用与管理技术	172
6.4.6	矿区复垦生态工程效益评价技术	174
6.5	矿区土地复垦生态工程典型模式	174
6.5.1	澳大利亚矿区土地复垦农林牧复合利用模式	174
6.5.2	德国露天煤矿林业利用模式	175
6.5.3	印度平原露天煤矿土地复垦农牧复合利用模式	175
6.5.4	我国矿区土地复垦生态工程典型模式	176
6.6	矿区土地复垦生态工程的发展趋势	182
7	农业生态工程理论基础与构建技术	184
7.1	农业生态系统的结构与功能	184
7.1.1	农业生态系统的基本结构	184
7.1.2	农业生态系统的基本功能	185
7.2	生态农业与农业生态系统工程	186
7.3	农业生态工程建设的基本原则与基本技术	189
7.4	农业生态工程典型模式及其构建	191
7.4.1	农—林—牧复合生态工程模式与技术	193
7.4.2	农—林—牧—加复合生态工程模式与技术	195
7.4.3	农—渔复合生态工程模式与技术	196
7.4.4	多层次循环复合生态工程模式与技术	196
7.4.5	庭院农业生态工程模式	201
7.5	农业生态工程的发展与新型模式	205
7.5.1	无公害农业生态工程模式	205
7.5.2	乡村旅游农业生态模式	207
7.5.3	区域农业生态工程技术——无公害食品工程与乡村旅游发展的 重要保证	210
7.6	新形势下农业生态工程需要解决的主要问题	213
8	城市生态工程构建理论与技术	215
8.1	城市生态系统的结构和特征	215
8.1.1	城市生态系统的基本组成	215
8.1.2	城市生态系统的总体结构	216
8.1.3	城市生态系统结构的主要特征	217
8.1.4	城市生态系统的环境组成	219

8.2 城市环境系统调控原理与方法	222
8.2.1 城市环境系统调控的基本原理	222
8.2.2 城市环境系统调控的手段和方法——城市生态工程	224
8.3 城市污水处理生态工程	225
8.3.1 城市污水土地处理技术	225
8.3.2 城市污水好氧生物处理技术	231
8.3.3 城市污水厌氧生物处理技术	236
8.3.4 城市污水处理生态工程典型模式	238
8.4 城市固体废物的管理与资源化利用	241
8.4.1 城市固体废物的管理	242
8.4.2 固体废物资源化利用	245
8.5 城市林业生态工程	246
8.5.1 城市林业的概念和发展历程	246
8.5.2 城市林业的思想内涵和特点	247
8.5.3 城市林业的构成体系	248
8.5.4 城市森林生态系统的结构	248
8.5.5 城市林业的功能	250
8.5.6 城市林业生态工程的构建技术	252
8.5.7 城市林业生态功能评价	255
8.6 城市环境景观多样性、异质性与生态工程景观设计	256
8.6.1 景观和景观要素的基本概念	256
8.6.2 城市景观及其基本特征	257
8.6.3 城市景观的多样性与异质性	258
8.6.4 城市生态工程景观设计	259
8.7 发展生态建筑的理论与实践	262
8.7.1 生态建筑的概念	262
8.7.2 生态建筑的特点	262
8.8 城市生态环境管理与可持续发展	263
8.8.1 城市生态环境管理	263
8.8.2 城市生态环境可持续发展	264
参考文献	266

地球，不仅为人类提供了一个生存空间，同时也提供了人类生存所必需的物质源泉。随着世界人口数量的不断增加，社会消费需求不断提高，由此对全球生态系统造成了一定程度的破坏，对自然资源产生了相当大的压力。今天，困扰着人类社会发展的的问题越来越多，人类生存面临着前所未有的全球性环境问题，面临着全球变化的挑战，面临着“生存与发展”的挑战，人口剧增与资源短缺、环境污染与生物多样性降低、森林锐减与土地荒漠化、“温室效应”与全球变化等诸多问题摆在面前，需要不断地做出新的抉择！如何做到既能够保护、改善人类赖以生存的生态环境，又能够满足人类社会不断发展对资源的需求，如何解决生态环境保护与社会经济发展和谐统一，如何达到生存与发展的相互协调，成为应用生态学领域不断探索的重大课题。从应用生态学的观点考虑，要解决这一复杂的难题，需要一个综合性的系统工程，而非某一单项技术所能够完成的。生态工程正是适应这种需求应运而生，发展成为应用生态学中力图研究解决这个难题的一支新兴领域，成为生态系统人工保护、设计、构建与合理调控的科学手段。

1.1 生态文明与可持续发展

人类社会文明经历了狩猎采集文明、农业文明、工业文明，其中工业文明极大地提高了生产力，创造了巨大的物质财富，然而与此同时，却带来了种种全球性的问题，如资源枯竭、环境污染、气候恶化、灾害频繁等，由此使工业文明陷入种种危机当中。从工业文明陷入的许多危机来看，有各种各样的表现形式，但从本质上来分析实际上可全部归结为生态危机。正因为生态危机的出现，才使人们提高了生态意识，生态环境的保护、生态文明的建设和社会可持续发展逐渐成为众所关心的问题（申曙光，1994）。

1.1.1 生态文明——人类社会发展的必然选择

在人类社会的发展过程中，资源的过度利用和环境的严重破坏，导致了一系列生态问题并引发了诸多生态危机，不得不促使人们对此进行深刻反思。20世纪50年代以来，“绿色思想”、保护环境、建立人与自然和谐关系等生态价值观逐渐

形成,即生态文明价值观。与工业文明相反,生态文明信奉“人是自然的有机组成部分”的哲学观点,强调在社会的发展过程当中,应建立人与自然和谐相处、协调发展的关系,使经济发展和自然资源的开发利用与生态环境保护同步进行,同时满足人类物质、精神和生态需求,提高人类整体生活质量,实现社会与自然的可持续发展(申曙光,1994)。从这个意义来说,生态文明是一种人类社会发展过程中更先进、更高级的新的文明。近年来,生态科学与环境科学的发展,并与社会学、经济学的相互渗透,为生态文明的兴起做了充分的理论准备(申曙光,1994)。

与工业文明以人为中心的经济价值观不同,生态文明具有其特定的价值观,即要求形成“人与自然”的整体系统观,人类的活动要服从“人与自然”系统的整体利益,充分尊重自然规律,适度开发利用自然资源,保护自然的和谐与均衡状态,强调人与自然的和谐相处和协调发展,社会生产活动不但要满足人类的物质需求,同时要满足人类的精神需求和生态需求,提高人的整体生活质量。科学技术是人类社会发展的动力,作为一种更高级形态的文明,生态文明的发展也依赖科学技术的进步。同时,生态文明要求科学技术既要认识、利用和改造自然,又要认识和调节人类与自然的关系,认识和调节人类活动对自然的影响。从生态文明思想的内涵来看,生态文明是建立在生态能源基础之上,特别强调发展太阳能、风能、海洋能、水电能、生物能的开发和利用。同时,生态文明的生产模式与工业文明的生产模式也完全不同。生态文明要求从系统思想出发,按照生态学原理、经济学原理和可持续发展理论,运用现代科学技术成果和现代管理手段,建立起具有良好的经济效益、生态效益和社会效益的现代化生产模式;生态文明要求在宏观上协调生态—经济—技术系统的结构和关系,促进生态经济系统的稳定、有序、协调发展;在宏观上建立生态经济动态平衡,在微观上达到物质多层次循环和综合利用,提高能量转化和物质循环效率,提高环境质量(申曙光,1994);生态文明需要一种与环境、资源相平衡的适度消费,即在保护环境、增加资源的前提下发展经济;生态文明要求形成新的生态秩序,即既有利于社会和经济发展,又有利于资源和环境保护,有利于维护人类整体利益的秩序。从这些思想可见,生态文明主要倡导人类社会的可持续发展。因此,生态文明是人类社会发展的必然选择。

1.1.2 可持续发展思想

面对当今世界日益严重的人口、资源与环境问题,人们不得不重新认识人与自然的关系,谋求建立人与自然协调发展的新模式,由此产生了可持续发展的战略构想,逐渐完善成为一种社会发展的理论。目前,可持续发展、生物多样性保护和全球变化,成为全球关注的三大前沿领域(闵庆文和欧阳志云,1998)。在“World Commission for Environment and Development—Our Common Future”(1987)一书中,可持续发展被定义为“既满足当代人的需要,又不损害后代人满足需要的能力的发展称之为可持续发展”,其内涵可概括为三个基本方面:“需要”、

“限制”和“公平”，也就是说“可持续发展的目标是满足人类需要”，同时“可持续发展强调人类的行为要受到自然规律的制约”，另外“可持续发展强调代际之间、当代人之间、人类与其他生物之间、不同国家和地区之间的公平”，这三个方面充分体现了可持续发展的公平性、持续性和共同性原则。

可持续发展理论的孕育、产生与发展经历了漫长的过程，是随着人们对社会发展与环境问题的认识水平的不断提高而逐步形成的。1972年，在斯德哥尔摩举行的联合国人类环境大会敲响了环境问题的警钟，不仅推动了资源与环境保护工作的开展，也为可持续发展理论的孕育与发展奠定了基础。1980年国际自然保护联盟等多个国际组织共同起草的世界自然资源保护大纲，提出了保护与发展的关系，认为“在发展经济、满足人类需要的同时，要合理利用资源，使之既要满足当代利益，又要满足后代的需求”，这一思想为可持续发展概念的形成奠定了基础（李文华，1994）。1987年世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中，正式提出了可持续发展的概念，并在全球范围内传播。1992年，联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开，这次会议标志着国际社会对环境与发展问题认识的深化，是可持续发展从思想、理论走向实践道路的一个里程碑。1997年6月，在美国纽约召开了第二次环境与发展大会，对全球可持续发展战略的实施产生了巨大的推动作用。可持续发展思想从不同层次、不同角度来分析，主要包括经济可持续性、社会可持续性、资源可持续性、环境可持续性、可持续发展的全球性等几个方面（表 1-1）（闵庆文和欧阳志云，1998）。

表 1-1 可持续发展的基本内容及含义

基本内容	含 义
经济可持续性	发展经济、改善人类的生活质量，是可持续发展的总目标；加速经济的发展，提高经济发展水平，是实现可持续发展的一个重要标志
社会可持续性	可持续发展关注人类与自然的和谐关系，认识到人类活动对生存环境造成的影响；强调社会发展中的“公平性”问题；提高人们对当今社会及后代的责任感，是可持续发展实现的社会条件
资源可持续性	可持续发展要保护人类生存和发展所必需的资源基础，“资源问题”是可持续发展的中心；诸多生态环境问题的产生正是由于资源的不合理利用引起生态系统的衰竭而导致的
环境可持续性	可持续发展要求在发展过程中维护与保育生态系统的完整性及其生态服务功能，并把环境保护与建设作为实现可持续发展的重要内容和衡量发展质量、发展水平的主要标准
可持续发展的全球性	可持续发展是全人类的共同目标；许多问题如全球变暖、酸雨蔓延、臭氧层破坏等均具有全球性质；只有通过全球广泛合作，实现共同发展与进步，才能真正实现可持续发展的目标

1.2 可持续发展的生态学思考

客观地讲，可持续发展思想的产生有着其深刻的历史背景，而全球性的资源

环境问题和生态危机是可持续发展产生的重要背景之一。具体地讲,从 20 世纪 60 年代以来,由于社会发展过程中人口急剧增加、资源过度消耗而产生一系列的资源环境问题和生态危机,如水土流失、土地退化、空气污染、温室气体排放、臭氧层耗损、水资源短缺、全球气候变暖、海洋资源破坏、森林资源锐减、物种灭绝速度加快、自然灾害频繁等一系列经济发展与资源环境问题,是可持续发展产生的基本背景。因此,生态学理论就自然而然地成为可持续发展不断完善的理论基础。生态学在今天已成为人们探索自然规律、寻求社会发展的指导思想与方法论基础,有着较为完善的理论体系和深刻的内涵。在生态学理论体系中,最为重要的系统生态学理论,为人们认识自然提供了综合的方法论,另外物质循环与再生原理、生态位原理、适应性原理等一系列基本原理是生态学的基本理论,是指导人类有序活动的基础,与可持续发展思想不谋而合。生态学理论要求人类通过合理规划,注意环境与资源的保育,实现人类社会经济与环境的协同进化(马世骏和王如松,1993)。因此,可持续发展战略构想、框架设计、理论研究、实施运行,必须遵循生态系统原理,从系统观点出发,把自然、经济、社会结合起来进行综合分析。

“可持续发展”的最终目标是协调生命系统及其支持环境之间的相互关系,使资源环境在现在和未来都能支撑起生命系统的良好运行,而生态学中关于生态系统协调、有序、平衡与适应的原则则是人类发展必须遵循的原则。为实现可持续发展的目标,必须遵循物质循环利用原则,实现资源的循环利用与永续利用,以最小的代价换取最大的发展。生态文明和可持续发展倡导运用生态学原理设计出以获得最佳生态效益、经济效益和社会效益为目标的生态工艺系统,并应用于工业、农业、环境保护等方面,如在农业领域,应用多物种共生的立体结构工程和模拟生态系统的食物链结构建立物质和能量多级转换系统工程;在工业领域,重视“原料—产品—废料—原料”的生产模式,实现循环生产,达到既节约资源又保护环境的目的;在环境保护方面,应用现代生物工程来分解废物;在城市和乡村规划和建设当中,提倡将其作为一个统一的“自然—生态—社会—经济”复合系统来综合考虑,模拟自然生态系统的结构和功能进行整体规划,以创建优化高效的复合生态经济系统。总之,生态学理论对于可持续发展战略设计、理论发展与具体实践具有重要的指导意义(赵善伦,1996;闵庆文和欧阳志云,1998)。

1.3 生态工程——可持续发展的有效手段

20 世纪 60 年代以来,全球性的生态危机逐渐暴发,迫使人们不断寻求解决相应生态问题的对策,来加强资源环境的保护,在这一宏观背景下生态工程诞生并发展成为一个全新的、多学科相互渗透的应用领域。40 多年来,生态工程这一应用生态学新的分支领域在世界上迅速发展,成为全球生态系统管理与调控的