

生态环境修复与节能技术丛书

生态工程模式 与构建技术

范志平 李法云 涂志华 等编著



Ecological Engineering Model
and Construction
Technology



化学工业出版社

生态环境修复与节能技术丛书



生态工程模式 与构建技术

范志平 李法云 涂志华 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以生态工程模式及其构建技术为主线,归纳总结了生态工程设计与构建目标、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模式与构建技术,内容包括流域生态系统管理与生态工程模式、湿地保护生态工程构建技术与典型模式、退化沙地生态修复工程理论与构建技术、特殊困难立地植被恢复生态工程技术与模式、矿区土地复垦生态工程模式与构建技术、农业生态工程模式与构建技术和城市生态工程构建技术与模式。

本书内容新颖,理论联系实际,可供从事环境生态工程、退化环境生态修复、国土整治等科学研究、教学和工程设计技术人员、管理人员以及广大支持生态环境事业的公众参阅,也供高等学校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

生态工程模式与构建技术/范志平等编著. —北京:
化学工业出版社, 2016. 3
(生态环境修复与节能技术丛书)
ISBN 978-7-122-25745-1

I. ①生… II. ①范… III. ①生态工程-研究
IV. ①X171. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 280754 号

责任编辑: 刘兴春 刘 婧
责任校对: 王素芹

文字编辑: 汲永臻
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 17½ 字数 425 千字 2017 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 85.00 元

版权所有 违者必究

《生态环境修复与节能技术丛书》

编委会

主 任：李法云

副 主 任：苏宏业 荣湘民 范志平

委 员 (以姓氏笔画为序)：

马 放 刘 强 刘学军 苏成利

苏宏业 李 平 李法云 吴龙华

余新晓 宋海星 范志平 罗 义

荣湘民 侯卫峰 曹江涛 彭建伟

学术指导：官春云

《生态工程模式与构建技术》

编著人员

编著者 (以姓氏笔画为序)：

王艳杰 王 琼 王 博 刘 杰

孙学凯 李法云 李海燕 陈佳勃

范志平 岳 杰 胡亚林 涂志华

统稿者 范志平 涂志华

《生态环境修复与节能技术丛书》 序

人、自然与社会是生态文明的三大要素。自然环境既是人类社会生存发展的基础，也是生态文明的重要基础。我国社会经济发展正面临生态环境保护约束与资源高效利用等问题的重大挑战。当前，我国节能减排、环境保护与生态建设等工作正在发生历史性转变，全面实施生态文明发展战略，全力推进国家生态文明建设体制改革是破解资源环境约束，提高环境质量，保障群众健康安全乃至国家安全的必由之路。

科技创新是引领社会发展的不竭动力。2006年，我国发布的《国家中长期科学与技术发展规划纲要（2006—2020年）》提出：改善生态与环境是事关经济社会可持续发展和人民生活质量提高的重大问题，要将发展能源、水资源和环境保护技术放在优先位置，下决心解决制约经济社会发展的重大瓶颈问题，实施建设创新型国家战略。目前，我国正在大力实施创新驱动发展战略，结合我国的资源禀赋与生态环境特征，破解资源环境问题更是需要发挥科技创新的支持与引领。

节约资源和保护环境是我国的基本国策。2015年9月，党中央、国务院发布了《生态文明体制改革总体方案》，并明确指出：要树立尊重自然、顺应自然、保护自然及发展和保护相统一的理念，将山水林田湖作为一个生命共同体，按照生态系统的整体性、系统性及其内在规律，统筹考虑自然生态各要素，增强生态系统循环能力，维护生态平衡。为了对自然生态各要素实现整体保护、系统修复及综合治理，我国近年来先后颁布了《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37号）、《水污染防治行动计划》（国发〔2015〕17号）及《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31号），为自然界水、土壤、大气环境的污染防治提供了行动指南。

石油与化工行业是我国国民经济的重要支柱产业之一。2015年度石油与化工行业利税总额为1.02万亿元，位列工业行业之首。根据中国化工节能技术协会发布的《中国石油和化工行业节能进展报告（2014）》，2013年度我国石油和化工行业的工业增加值能耗较之2012年下降1.98%，但仅完成“十二五”节能目标的30%。其中，一些重点产品的单位综合能耗下降速度减缓甚至出现反弹，如原油加工综合能耗为65kg（标准）油/t，比2012年增加0.95%，没有达到既定的节能目标进度要求，全行业节能形势依然严峻。2016年4月发布的《石油和化学工业“十三五”发展指南》，到2020年石油与化工行业主营业务收入将达到18.4万亿元，石油化工行业亟待进一步调整行业结构、提高科技创新能力及形成绿色发展方式。

当前，人类活动对区域环境的影响及各种污染的排放对环境造成的危害已经严重危及人类的健康和生存。有关区域生态过程、环境修复理论与技术、石油化工过程运行优化与节能技术等已成为当前生态环境修复与节能技术的前沿领域。根据国家《生态文明体制改革总体方案》的要求，结合区域生态环境建设及石油化工行业节能的科技需求，为了满足从事生态环境修复与石油化工节能优化技术等方面的教学、科研、技术和管理人员的需要，由辽宁石油化工大学生态环境研究院、石油化工过程运行优化与节能技术国家地方联合工程实验室、土壤肥料资源高效利用国家工程实验室（湖南农业大学）牵头，联合湖南农业大学、浙江大学、中国科学院南京土壤研究所、中国农业大学、南开大学、哈尔滨工业大学、东北大学、北京林业大学、辽宁大学、中国

科学院沈阳应用生态研究所、日本埼玉县环境科学国际中心等单位的国内外专家学者共同编写了《生态环境修复与节能技术丛书》。

该套丛书主要包括《污染土壤生物修复原理与技术》、《生态工程模式与构建技术》、《辽河流域水生态特征与目标管理》、《农业面源污染防治原理与技术》、《化学融雪剂对生态环境的影响与环境风险》、《石油化工过程运行优化与节能》6部著作。其中《污染土壤生物修复原理与技术》、《生态工程模式与构建技术》2部著作经化学工业出版社特许，分别对其前版根据国内外相关领域的最新研究进展进行增删与改正后编纂入本套丛书，其余4部著作则主要是各高等学校与科研院所的科研团队的研究成果的学术著作。编写出版这套丛书是对参与该工作的诸多研究与教育机构的学者在生态环境修复与节能技术方面跨学科研究成果体现的初次尝试，经验不足与学识有限之处在所难免，期待能在专家与读者的批评和建议中进一步完善与提高。

国家油料改良中心湖南分中心主任、中国工程院院士官春云先生对本套丛书的编写多次给予了学术指导，希望我们在进行生态环境修复与节能技术研发时，能紧密结合区域生态环境特征及行业节能减排面临的典型问题，重视源头减排与全过程节能，能因地制宜地既实现环境修复功能，又可以达到修复材料的资源能源化以及修复过程低碳绿色化。

本套丛书具有如下特点。

(1) 学科的系统性 主要围绕当前区域/流域的污染过程、生态环境修复与节能技术的主要研究方向，对相关学科的基本理论进行了系统地介绍。

(2) 技术的实用性 针对当前区域生态环境及石油化工过程运行优化节能的典型问题，注重原理与实践相结合，突出生态环境修复、污染物源头防控、生态工程及控制优化等原理在解决实际生态环境问题及节能减排中的应用。

(3) 知识的前沿性 瞄准生态环境修复与石油化工过程节能技术的研究前沿，突出生态环境科学与石油化工节能领域的最新研究进展，努力做到知识的新颖性。

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。

《生态环境修复与节能技术丛书》编写委员会

2016年8月

前言

FOREWORD

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,以社会—经济—自然复合生态系统为对象,以可持续发展作为目标,运用应用生态学原理和方法来认识、分析、研究和解决具体的生态环境问题,是可持续发展的重要手段。本书以生态工程模式及其构建技术为主线,在辽宁省自然科学基金(项目编号:2014020108)、“十三五”国家科技支撑计划(项目编号:2015BAD07B03)、国家水体污染控制与治理科技重大专项课题(项目编号:2012ZX07505-001-01)、辽宁石油化工大学科研启动项目(项目编号:2014XJJ-013、2014XJJ-014)、辽宁石油化工大学学科团队(项目编号:[2014]11号)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。

全书共分8章,其中第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生态工程模式;第3章重点介绍了湿地保护生态工程构建技术与典型模式;第4章详细阐述了退化沙地生态修复工程理论与构建技术,包括沙地退化生态系统生态恢复的途径、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植被恢复生态工程技术与模式;第6章通过分析矿产资源开发对生态环境的影响,提出了矿区土地复垦生态工程内涵与基本框架,归纳了矿区土地复垦生态工程的理论基础,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;第7章分析了农业生态工程系统的结构与功能,论述了农业生态工程建设原则与技术,详细介绍了农业生态工程典型模式;第8章详细阐述了城市生态工程构建理论与技术,主要包括城市污水处理生态工程构建技术、城市固体废弃物管理与资源化利用、城市湿地生态工程、城市林业生态工程、城市景观多样性与景观设计以及生态建筑与立体绿化工程、城市生态廊道构建技术与模式、海绵城市建设等。

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活跃的领域之一。近年来,随着应用生态学新理论、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,生态工程学进入了一个新的发展阶段。在本书的编著过程中,参考了国内外大量的相关文献,吸取了生态工程研究与实践领域的最新成果,在此对所有作者表示诚挚的谢意。由于本书篇幅所限,还

有许多类型未能包括在本书中，期待将来能够有更全面深入的论述。

本书由范志平、李法云和涂志华等编著，其中，第1章由范志平、李法云、涂志华、刘杰编著；第2章由范志平、王博、胡亚林、李海燕编著；第3章由范志平、王博、孙学凯编著；第4章由范志平、涂志华、岳杰编著；第5章由范志平、涂志华、刘杰编著；第6章由范志平、李法云、王琼编著；第7章由范志平、王艳杰、陈佳勃、李法云编著；第8章由范志平、涂志华、岳杰、李海燕编著；最后由范志平、涂志华定稿。

本书在编著过程中，得到了辽宁石油化工大学生态环境研究院、中国科学院沈阳应用生态研究所、北京林业大学、福建农林大学、老秃顶子国家级自然保护区抚顺管理局、沈阳市城市建设管理局东陵公园管理中心的帮助；同时，化学工业出版社为该书的出版提供了大力的支持，在此表示衷心感谢！

由于编著时间仓促，编著者水平有限，不当和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

范志平

2017年2月于沈阳

目录

CONTENTS

1 绪论

1

1.1 生态文明建设与可持续发展	2
1.1.1 生态文明建设——人类社会可持续发展的必然选择	2
1.1.2 可持续发展思想	3
1.1.3 可持续发展的生态学思考	4
1.1.4 生态工程——可持续发展的有效手段	5
1.2 生态工程的内涵、特征及其发展	6
1.2.1 生态工程的内涵和基本特征	6
1.2.2 生态工程的尺度和边界	8
1.2.3 生态工程的发展	10
1.3 生态工程的理论基础	16
1.3.1 生态系统健康学理论	16
1.3.2 生态系统管理学理论	18
1.3.3 恢复生态学理论	19
1.3.4 生态经济学理论	24
1.3.5 系统工程学理论	25
1.4 生态工程的设计与构建	27
1.4.1 生态工程设计目标与构建原则	27
1.4.2 生态工程设计与构建的技术路线	29
1.4.3 生态工程的生态服务功能评价	30
参考文献	31

2 流域生态系统管理与生态工程模式

35

2.1 流域生态系统管理	35
2.1.1 流域生态系统的结构与功能	35
2.1.2 流域生态系统管理的概念与内涵	37

2.1.3	流域生态系统管理的发展阶段与现状	38
2.2	流域生态工程构建技术	39
2.2.1	流域生态工程的生态学原理与系统工程学原则	40
2.2.2	坡面水土保持生态工程构建技术	41
2.2.3	河流生态缓冲带构建与面源污染防治技术	46
2.2.4	河道生态工程建设技术	49
2.2.5	湖库水体生态修复与保护技术	53
2.2.6	河口生态工程构建技术	54
2.2.7	卫星影像技术在流域生态工程设计中的应用	55
2.3	流域生态工程典型模式	56
2.3.1	羌塘和三江源生态保护工程	56
2.3.2	低山丘陵区土壤侵蚀生态工程治理模式	56
2.3.3	密西西比河上游河流恢复工程	57
2.3.4	加里米勒河滨生态工程自然化恢复模式	58
2.3.5	基西米河流域生态恢复工程	58
2.3.6	丽娃河环境治理与生态恢复工程	59
2.3.7	滢阳河污染控制及生态恢复工程	59
2.3.8	湖库饮用水源地环境治理生态工程模式	60
2.4	流域生态工程的生态服务功能	61
2.5	流域生态工程研究展望	61
	参考文献	62

3

湿地保护生态工程构建技术与典型模式

65

3.1	湿地生态系统基本特征及其生态服务功能	65
3.1.1	湿地生态系统基本特征	66
3.1.2	湿地的生态服务功能	66
3.2	湿地生态系统的保护和利用	67
3.2.1	中国湿地保护行动	67
3.2.2	国外湿地保护行动	68
3.3	湿地保护生态工程	69
3.3.1	湿地保护生态工程的目标与理论基础	69
3.3.2	湿地保护生态工程的基本原则与策略	70
3.3.3	湿地保护生态工程构建技术	71
3.4	湿地保护生态工程典型模式	76
3.4.1	国外湿地保护生态工程典型案例	77
3.4.2	国内湿地保护生态工程典型案例	79
3.5	湿地保护生态工程研究展望	85
	参考文献	85

4.1	荒漠化现状	88
4.2	土地沙化发生的机理分析	89
4.3	沙地生态恢复与退化沙地生态修复工程	91
4.3.1	退化沙地生态系统生态恢复的主要途径	92
4.3.2	退化沙地生态修复工程	93
4.3.3	我国退化沙地生态修复工程概况	94
4.4	退化沙地生态修复工程理论基础	95
4.4.1	退化沙地生态修复的生态学理论	95
4.4.2	退化沙地生态修复工程的风沙物理学理论	97
4.4.3	退化沙地生态修复工程的社会经济学和系统工程学理论	98
4.5	退化沙地生态修复工程构建技术	98
4.5.1	退化沙地生态修复工程建设的基本原则	99
4.5.2	退化沙地生态修复工程构建技术	101
4.6	退化沙地生态修复工程典型模式	120
4.6.1	国外退化沙地生态修复工程典型模式	120
4.6.2	中国退化沙地生态修复工程典型模式	125
4.7	退化沙地生态修复工程存在问题和的发展趋势	133
	参考文献	134

5.1	特殊困难立地植被恢复生态工程理论基础	138
5.2	干热干旱河谷植被恢复生态工程	140
5.2.1	干热干旱河谷植被恢复生态工程构建技术	141
5.2.2	干热干旱河谷植被恢复生态工程树种选择与模式	143
5.3	干瘠石质山地植被恢复生态工程	144
5.3.1	干瘠石质山地植被恢复生态工程构建技术	144
5.3.2	干瘠石质山地植被恢复模式	147
5.4	盐渍土改良与植被恢复生态工程	148
5.4.1	盐渍土地治理生态工程技术	149
5.4.2	盐渍土地综合治理生态工程模式	152
5.5	特殊困难立地植被恢复生态工程发展趋势	157
	参考文献	158

6.1	矿产资源开发对生态环境的影响	161
6.1.1	矿产开发对土地资源造成的影响	161

6.1.2	矿产资源开发造成环境严重污染	162
6.1.3	矿产资源开发诱发生态环境演变	163
6.1.4	矿区生态系统基本特征	163
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	164
6.2.1	土地复垦与土地复垦学	164
6.2.2	生态恢复与土地复垦的发展	166
6.2.3	矿区土地复垦生态工程的内涵与基本框架	167
6.3	矿区土地复垦生态工程的理论基础	168
6.4	矿区土地复垦生态工程的技术体系	168
6.4.1	矿区复垦生态工程规划技术	169
6.4.2	矿区复垦生态工程微地形改造技术	169
6.4.3	矿区复垦生态工程土壤改良技术	170
6.4.4	矿区复垦生态工程植被恢复技术	172
6.4.5	矿区复垦生态工程土地利用与管理技术	173
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	美国矿区土地复垦管理体系与模式	174
6.5.2	加拿大矿区土地复垦逐级修复利用模式	175
6.5.3	澳大利亚矿区土地复垦农林牧复合利用模式	175
6.5.4	印度平原露天煤矿土地复垦农牧复合利用模式	176
6.5.5	南非矿山地质环境治理	177
6.5.6	俄罗斯铍矿开采环境污染治理	177
6.5.7	英国矿区土地复垦生态环境保护管理	178
6.5.8	中国矿区土地复垦生态工程典型模式	180
6.5.9	矿区土地复垦与矿山公园建设模式	184
6.6	矿区土地复垦生态工程的发展趋势与展望	187
	参考文献	188

7

农业生态工程模式与构建技术

191

7.1	生态农业与农业生态工程	191
7.1.1	生态农业与农业生态工程的发展	192
7.1.2	农业生态系统的结构与功能	193
7.2	农业生态工程建设原则与技术	194
7.2.1	农业生态工程的设计原则	194
7.2.2	农业生态工程构建技术	195
7.3	农业生态工程典型模式	196
7.3.1	生态经济型农林牧副复合生态工程模式	198
7.3.2	低碳生态能源循环农业工程模式	200
7.3.3	多层次物质能量循环调节生态工程模式	201
7.3.4	产业主导型农业生态工程模式	204

7.3.5 庭院农业生态工程模式	205
7.3.6 农业生物控制与非点源污染治理生态工程模式	208
7.3.7 绿色农业与乡村旅游生态工程模式	209
7.3.8 “生态农场—生态村镇—生态县”区域农业生态工程模式	212
7.4 农业生态工程需要解决的主要问题	214
参考文献	215

8 城市生态工程构建技术与模式 218

8.1 城市生态系统的结构与特征	218
8.1.1 城市生态系统的结构	219
8.1.2 城市生态系统的特征	220
8.2 城市生态环境及其调控	221
8.2.1 城市生态环境的特点	221
8.2.2 城市生态环境管理与可持续发展	223
8.2.3 城市生态环境的调控手段	224
8.3 城市生态工程构建技术	225
8.3.1 城市污水处理生态工程构建技术	226
8.3.2 城市固体废物管理与资源化利用	236
8.3.3 城市湿地生态工程	239
8.3.4 城市林业生态工程	242
8.4 城市景观多样性、异质性与景观设计	245
8.4.1 城市景观的多样性与异质性	246
8.4.2 城市景观规划与设计	247
8.5 生态城市建设模式	249
8.5.1 生态建筑与立体绿化工程	249
8.5.2 城市生态廊道构建技术与模式	252
8.5.3 海绵城市建设	257
8.5.4 我国城市生态工程建设案例	261
8.6 生态城市建设展望与思考	263
参考文献	264

随着社会经济的发展,人口数量不断增加,社会消费需求不断提高,对全球生态系统造成了一定程度的破坏,给自然资源带来了相当大的压力,资源短缺、环境污染、生物多样性降低、森林锐减、土地荒漠化、全球气候变化等诸多问题困扰着人类社会的发展,粮食、人口、环境、资源等矛盾不断激化,人类面临着前所未有的全球性环境问题和挑战(陈惠雄, 2008; Bian et al, 2010; 曾贤刚和周海林, 2012; Karabinakis et al, 2013)。保护人类赖以生存的生态环境,满足人类社会不断发展的对资源的需求,解决生态环境保护与社会经济发展的矛盾,达到环境保护与社会发展的相互协调,成为人类社会共同关注的重大问题。

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理论,提出了可持续发展的公平性、持续性和共同性原则,确定了可持续发展的目标是满足人类需要,指出人类的行为要受到自然规律的制约,强调代际之间、当代人之间、不同国家和地区之间的公平(Cash et al, 2003; 王洪娴等, 2004; 杨猛兴, 2014; 郑宏, 2014)。经济发展与资源环境问题是可持续发展产生的基本背景,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。可持续发展战略实施必须遵循应用生态学理论,把自然、经济、社会结合起来分析复杂问题,建立综合的系统工程,实现人类社会经济发展与环境保护的协调关系。应用生态学理论是可持续发展的基础,已成为人们探索自然规律、寻求社会发展的指导理论,为认识自然提供了综合的方法论,是指导人类有序活动的基础。

从应用生态学的观点出发,要解决这一复杂的难题需要一个综合性的系统工程,而非某一单项技术就能完成。生态工程正是为适应这种需求应运而生的,属于多学科相互渗透的应用学科,发展成为应用生态学中研究解决这一难题的新兴领域。生态工程以社会—经济—自然复合生态系统为对象,以可持续发展为目标,通过生态工程综合措施解决环境问题,促进社会经济发展,是生态系统保护、设计、构建与调控的科学手段,是实现可持续发展的重要途径(颜京松和王如松, 2001; 何兴元, 2004; 宗浩, 2011; Mitsch, 2012)。

我国面临的经济发展与生态环境问题十分复杂而严峻,在国家大力推动生态文明建设过程中,重大生态工程将成为生态文明建设的重要手段,加强生态环境综合治理,以生态环境修复、生态工程建设为主要突破口,建立社会经济发展与环境保护的长效机制。我国生态工程设计与工程实施的总体目标,是在解决生态环境问题的同时实现社会效益与经济效益的协同发展,依托国家重大生态工程项目的带动作用,推进大气污染防治、污染土壤修复、河流湖泊水环境治理行动,促进相关产业发展。根据我国社会经济发展的现实需求,国家生态工程建设针对社会发展与经济活动中存在的实际问题,充分考虑不同地区经济发展现状与自然资源、社会资源和生态资源条件,将生态工程建设与国民经济发展紧密结合起来,构建高效

的重大生态工程体系,促进生态效益、经济效益与社会效益的统一,达到我国社会可持续发展的总体目标(何兴元,2004;王宏等,2008;白杨等,2011;Mitsch,2012;Karabinakis et al,2013)。

1.1 生态文明建设与可持续发展

人类社会文明经历了狩猎采集文明、农业文明、工业文明,其中狩猎采集文明时代人类以生存为准则,从自然获取基本的食物以维持基本的生存状态。在农业文明时代,大型土木工程高度发达,创造了许多至今仍留存世界的人类文明奇迹。随着农业文明的高度发展和社会进步,减轻劳动强度、提高劳动效率、获得新材料、使用新能源、改善交通状况、移居城市社区等成为人类社会的必然需求,相对于农业文明时代,出现了采矿工程、机械工程、化学工程、冶金工程、电机工程等新型工程,人类社会进入现代工业文明阶段(吴季松,2009)。在工业文明时代,随着社会生产力的提高,人类社会的经济活动越来越受到自然资源的影响。当经济活动打破了生态系统的动态平衡、不可再生资源不断耗竭时,自然生态系统的承载力成为社会经济活动的限制因子,经济活动带来的环境影响和生产成本与所创造的价值之间的量化关系发生变化,经济效益、社会效益、生态效益三大综合效益成为评价经济活动的关键指标。

工业文明大大促进了人类社会的迅速发展,极大地提高了生产力,创造了巨大的物质财富。然而,作为人类文明进步标志的传统工业工程模式,带来了种种全球性的问题,资源枯竭、环境污染、气候恶化、灾害频繁,工业文明陷入种种危机当中。从工业文明以来全球面临的环境危机来看,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,生态文明建设以及社会可持续发展成为人类发展的必然选择(刘洋等,2014;张永亮等,2015)。当前,人类社会正在从工业文明向生态文明迈进。在我国社会经济发展新的关键时期,国家提出了大力推进生态文明建设的战略决策,对生态文明建设和生态环境保护提出了一系列新的要求,为建设美丽中国、实现社会经济的可持续发展、走向生态文明指明了方向。为实现我国提出的生态文明建设,必须协调人与自然的和谐关系,改变社会生产方式和人们的生活方式,树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,走可持续发展的社会发展道路(凌洪水,2009;朱江玲等,2015)。

1.1.1 生态文明建设——人类社会可持续发展的必然选择

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,环境保护、建立人与自然和谐关系等生态文明价值观逐渐形成,生态文明主张人是自然的有机组成部分的哲学观点,强调在社会发展过程当中,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(刘洋等,2014;朱江玲等,2015)。因此,生态文明是人类社会发展过程中更先进、更高级的新的文明形态。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,要求树立人与自然和谐的整体系统观,人类活动要服从人与自然系统协调发展的整体利益,尊重自然规律,适度开发利用自然资源,保护环

境的和谐均衡状态。

生态文明建设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。生态文明社会生产模式与工业文明社会生产模式完全不同,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;生态文明社会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(凌洪水,2009;张永亮等,2015);生态文明要求适度消费方式,在保护环境、增值资源的前提下发展经济;生态文明要求形成新的生态秩序,既有利于社会 and 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。

1.1.2 可持续发展思想

面对全球日益严重的人口、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。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发展”(张宗坪,2002),其内涵可概括为“需要”、“限制”和“公平”3个方面。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、人类与其它生物之间、不同国家和地区之间的公平”。这3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(黄晓雯,2009)。

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,在瑞典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在《我们共同的未来》报告中,正式提出可持续发展的概念,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。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。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5个方面,见表1-1(闵庆文和欧阳志云,1998;李文华,2000;谢高地等,2008)。

表 1-1 可持续发展的基本内容

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 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保育生态系统的完整性及其生态服务功能 环境保护与建设是实现可持续发展的重要内容和衡量发展质量、发展水平的标准
可持续发展的全球性	可持续发展是全人类的共同目标,环境问题具有全球性 通过全球广泛合作,实现共同发展与进步,才可能真正实现可持续发展的目标

1.1.3 可持续发展的生态学思考

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思想产生的重要背景。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、水资源短缺、全球气候变暖、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,是可持续发展思想产生的基本背景,应用生态学理论成为可持续发展的理论基础。应用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。在应用生态学理论体系中,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。应用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(闵庆文和欧阳志云,1998;何兴元,2004;宗浩,2011)。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,而应用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。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—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,以创建优化的高效复合生态经济系统。从能源结构来看,生态文明和可持续发展建立在清洁能源的基础之上,强调太阳能、风能、海洋能、水电能、生物能的发展和开发利用。总之,应用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(闵庆文和欧阳志云,1998;何兴元,2004;宗浩,2011)。