中国水资源利用的经济学分析系列丛书

中国湿地资源经济分析与生态恢复研究

任宪友　肖　飞　莫明浩　著

科学出版社

中国水资源利用的经济学分析系列丛书

中国湿地资源经济分析与生态恢复研究

任宪友　肖　飞　莫明浩　著

科学出版社

北　京

内 容 简 介

湿地是“地球之肾”，中国是世界上湿地资源最丰富、类型最多样的国家之一，湿地资源是人类最重要的环境资本之一，保护与利用好有限的湿地资源、逐步恢复退化湿地结构与功能对我国的生态建设具有重要意义。本书以中国湿地资源为研究对象，阐述了湿地生态系统主要特点，分析了湿地的资源、环境、社会等主要功能，并在概述我国湿地概况与形成、演化的基础上，利用遥感和地理信息系统等技术方法对中国典型湿地生态退化态势做了监测与分析，从经济、社会和生态等方面探寻湿地退化机理，选取典型湿地样区对湿地资源经济价值评估进行了探讨，估算洪湖湿地生态系统服务功能总价值约为 28.5 亿元。为了更好地保护与利用有限的湿地资源，还论述了湿地生态恢复的目的与原则，实证研究了洪湖湿地生态恢复工程，进而提出了中国湿地保护与恢复的经济学制度安排，以期能对湿地生态保护和恢复提供理论和技术方法上的支持。

本书可供湿地科学、生态环境、资源经济等领域的实际工作者和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国湿地资源经济分析与生态恢复研究/任宪友，肖飞，莫明浩著.—北京：科学出版社，2012

（中国水资源利用的经济学分析系列丛书）

ISBN 978-7-03-033644-6

Ⅰ.①中… Ⅱ.①任…②肖…③莫… Ⅲ.①湿地资源-经济分析-研究-中国②湿地资源-生态恢复-研究-中国 Ⅳ.①F323.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 029968 号

责任编辑：徐 倩/责任校对：刘小梅

责任印制：张克忠/封面设计：迷底书装

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 3 月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2012 年 3 月第一次印刷 印张：9 1/2

字数：190 000

定价：38.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

序

很高兴看到任宪友博士的专著《中国湿地资源经济分析与生态恢复研究》的出版。他写的湿地、写的实证案例洪湖，我太熟悉了。我老家在沔阳（现湖北省仙桃市），我从小生在湖边、长在湖边，对湿地有种天生的依恋和特殊的情怀。在“沙湖沔阳洲、十年九不收、十年九水的岁月”，湿地、湖泊给人们留下最多的是灾痛的记忆。

随着我们对自然、对湖泊认识的加深，知道了“湿地是地球之肾”，知道湿地有着巨大的经济效益、社会效益和生态价值。

任宪友博士的专著告诉我们，湿地“病”了——湿地面积减少、污染加重、生物多样性锐减、生态系统功能退化、江湖关系剧变，等等。该书不仅全面描述湿地功能退化的种种病灶，更重要的是它对湿地的“病因病理”作了非常深刻系统的分析解剖，指出湿地功能全面退化的主因是人的一系列非理性的社会行为和经济行为。

该书不仅呼吁人们要关怀湿地、保护湿地、修复湿地，特别强调中国湿地功能的全面修复靠“辨证施治”，既要治“标”，更要治“本”，“制度的创新是湿地资源保护与修复的根本”。作者提出的完善立法、借助市场、政府干预、绿色经济、生态补偿机制和资源环境规范纳入整体国民经济生态核算体系等建议都是重要的治本之策。

热切期盼该书的出版有助于中国湖泊、中国湿地的健康发展。

伍新木

前　言

湿地是人类最重要的环境资本之一。湿地生态系统与森林生态系统、海洋生态系统并列为世界三大生态系统，被誉为“生命的摇篮”、“地球之肾”和“物种基因库”，具有多种功能和价值，在提供水资源、蓄洪防旱、调节气候、控制土壤侵蚀、促淤造陆、降解环境污染、保护生物多样性、维护区域生态平衡等方面起着极其重要的作用。伴随人类社会的发展，湿地生态出现退化趋势，造成湿地生态结构变化、生态功能改变或部分丧失，导致湿地面积减少、水质恶化，威胁到区域乃至全球社会经济的可持续发展，引起人们的广泛关注。湿地研究逐渐成为学术界关注的前沿热点问题。

中国湿地面积位居世界第四，是世界上湿地资源最丰富的国家之一，具有类型多、面积大、分布广、区域差异显著、生物多样性丰富等特点。然而从 20 世纪 50 年代以来，全国湿地面积锐减，滩涂、沼泽、湖泊、红树林等湿地逐步丧失，众多湿地水质逐年恶化，不少湿地生物濒临灭绝，约 1/3 的天然湿地存在着被改变、丧失的危险，以致媒体发出惊呼：我国湿地面积锐减，缺乏保护，已经成为经济发展的的牺牲品。在经济社会快速发展的压力下，湿地保护与可持续利用面临严峻形势，如何找到湿地保护与经济发展的平衡点考验着人们的智慧。

本书拟通过对中国湿地特点、退化与恢复研究，从经济、社会和生态等方面探寻湿地退化机理，科学评估湿地生态系统的稳定性，从经济学视角研究湿地资源价值，提出中国湿地保护与恢复的经济学制度安排，以期能对湿地生态保护和恢复提供理论和技术方法上的支持，实现生态、社会、经济复合系统的整合及协调，最终达到可持续发展。

目　　录

序

前言

第一章　绪论…… 1

第二章　理论综述 …… 8

第一节　湿地研究概况…… 8

第二节　生态恢复研究 …… 11

第三节　理论经济学概述 …… 22

第四节　经济学在湿地领域的新拓展 …… 30

第三章　湿地生态系统特点与功能分析 …… 33

第一节　湿地生态系统特点 …… 33

第二节　湿地功能分析 …… 37

第四章　中国湿地资源概况与演变 …… 43

第一节　中国湿地资源概况 …… 43

第二节　湿地形成与演变 …… 49

第五章　中国湿地生态退化研究 …… 60

第一节　湿地生态退化监测 …… 60

第二节　湿地生态退化分析 …… 63

第三节　湿地系统生态稳定性评价 …… 70

第四节　湿地退化机理研究 …… 77

第六章　中国湿地资源经济价值分析 …… 86

第一节　价值估算 …… 86

第二节　评估结果 …… 92

第七章　中国湿地生态恢复研究 …… 96

第一节　湿地生态恢复目的与原则 …… 96

第二节　湿地生态恢复实例研究——以洪湖为例…… 101

第三节 湿地生态恢复监测与评价…… 106
第八章 中国湿地保护与恢复经济学制度安排…… 113
第一节 制度创新是湿地资源保护与恢复的根本…… 113
第二节 湿地价值核算是湿地资源保护与恢复的前提…… 117
第三节 生态补偿机制是湿地资源保护与恢复的有效手段…… 120
第四节 湿地生态系统管理是湿地资源保护与恢复的重要途径…… 124
第五节 资源环境纳入国民经济核算体系是湿地保护与恢复的终途…… 129
参考文献…… 135
后记…… 141

第一章　绪　　论

一、湿地面临生态退化威胁

1. 生态危机威胁人类生存与发展，保护和恢复生态环境刻不容缓

生态系统是人类赖以生存和发展的基础条件，离开生态环境人类也将不复存在。然而，随着人类社会的发展，生态环境质量非但没有同步改善，反而呈现加速退化的趋势，引起人们的广泛关注（蔡晓明，2002）。尤其20世纪以来，全球人口的迅速增长、资源环境的开发利用，在推动经济增长的同时，也带来了诸如土地退化、森林减少、湿地萎缩、水体污染、生物多样性丧失等一系列生态系统退化问题，对整个生态系统的演化产生了重大影响。而且，由于引起生态系统退化的因素较多，作用机理复杂，生态退化已经成为全球范围内的普遍现象。据初步统计，全球43%的陆地生态系统服务功能受到影响，如由于土地荒漠化全球每年损失423亿美元；中国国土面积的45%处于生态系统退化状态，而且退化趋势尚未得到有效控制（任海等，2001）。

生态环境退化问题对人类生存环境以及社会经济可持续发展构成严重威胁，研究生态系统退化机制与原理，探索有效的生态环境恢复和重建方法与途径，维持生态系统健康与安全，成为社会经济发展的必然选择。生态恢复研究也成为目前生态学研究的一个热点，引起了国际科学界以及各国政府的广泛关注和重视，众多专家、学者和国际组织先后进行了一系列研究，取得了一定的成果。生态系统健康作为全球环境管理的新目标和分析生态系统的新方法，受到人们的日益重视。如何进行生态保护和整治、恢复退化生态系统原有结构和功能，已成为提高区域生产力、改善生态环境、推动区域可持续发展（sustainable development）战略实施的关键所在。

2. 湿地是拥有重要生态功能的脆弱生态系统

湿地是分布于陆生生态系统和水生生态系统之间的过渡性生态系统，具有独特的水文、土壤、植被特征。湿地是人类最重要的环境资本之一，与森林生态系

统、海洋生态系统并列为世界三大生态系统，被誉为“生命的摇篮”、“地球之肾”和“物种基因库”，具有多种功能和价值。

湿地可以为人类的生活、生产提供多种资源，并拥有多种环境功能和效益，在提供水资源、蓄洪防旱、调节气候、控制土壤侵蚀、促淤造陆、降解环境污染、保护生物多样性、维护区域生态平衡等方面起着极其重要的作用，对全球环境变化有明显的响应作用。湿地生态系统是自然界最富生物多样性和生态功能最高的生态系统之一（安树青，2003）。依赖湿地生存、繁衍的野生动植物极为丰富，湿地是生物多样性丰富的重要地区，是众多野生动物特别是珍稀水禽的繁殖和越冬地，是濒危鸟类、迁徙候鸟以及其他野生动物的栖息繁殖地。湿地还是重要的遗传基因库，对维持野生物种种群的存续，筛选和改良具有商品意义的物种，均具有重要意义。

随着人们环境意识的提高，湿地的重要性日趋为人类所重视，湿地科学已经成为当今国际学术界关注的热点与焦点，成为 21 世纪科学研究的重点学科和研究领域。利用经济学原理与方法分析湿地退化、评价湿地功能，科学评估湿地的资源环境价值，通过一定的制度安排与创新促进湿地保护与利用，正受到越来越多的专家、学者的关注和重视。

湿地生态系统是人类赖以生存和发展的基础条件之一，湿地资源是基础性自然资源。然而，随着人类社会的发展，包括湿地在内的全球生态环境出现加速退化趋势，对整个生态系统的演化产生了重大影响，引起人们的广泛关注。

3. 湿地生态退化严重，亟须加强湿地保护与恢复

湿地生态系统是一个发展和变化的、复杂的非线性动态系统，是地球上最脆弱的生态系统之一，过渡性明显。除自然原因外，人类对湿地资源的不合理利用、管理甚至恢复工程都可能造成湿地生态结构的变化和某些生态功能的改变或丧失，导致湿地面积减少，湿地水质恶化，出现水体富营养化现象，危及湿地生物的生存与发展，严重威胁区域乃至全球社会经济的可持续发展。

湿地生态退化是指湿地生态系统演化在自然或人为干扰下发生偏离正常自然状态的演化，退化是人为干扰和自然因素作用叠加造成的。湿地生态退化往往造成湿地生态系统面积减少，物种组成、群落或系统结构改变，生物多样性降低，生物生产力降低，生物利用和改造环境能力弱化、功能衰退，土壤和微环境恶化，生物间相互关系改变，系统内物质循环、能量流动出现危机和障碍，本质是

湿地生态系统结构紊乱、功能削弱和自然景观退化。主要表现在：城市化、工业化、农业开发及废物处理等造成湿地面积缩小；水利灌溉、过度取水、挖渠排水、土地开荒、筑堤等造成湿地水状况改变；废物排放、农业杀虫剂及除草剂使用等引起水质变化；过度捕鱼、狩猎、放牧、矿物开采等造成湿地产品不可持续利用；外来物种、鱼类及鸟类的侵入等引起湿地生态的变化；不合理的管理及恢复操作的失误造成湿地改变甚至丧失。据文献材料，荷兰湿地丧失 55%，德国湿地丧失 57%，法国湿地丧失 67%，美国湿地丧失 54%。在菲律宾，从 1920 年到 1980 年，大约有 315hm^2[①] 的红树林湿地资源丧失，占总量的 67%。至 20 世纪 80 年代，尼日利亚丧失湿地 80%，印度为 79%，缅甸为 98%，泰国为 96%，全球丧失沼泽湿地达 50%。需要特别指出的是，湿地生物多样性降低，水质改变，富营养化等已经威胁人类自身的发展。

湿地生态退化的原因是多方面的，最根本的原因就是人口的压力造成的对湿地资源的掠夺性开发、对湿地的价值缺乏公共和政策性知识、缺乏对湿地保护的政策愿望。更直接的原因是不健全的保护机构、分散的组织决策，以及缺乏对环境影响评价的应用及成本效益分析等。湿地恢复与重建、湿地调控与管理、湿地的可持续利用问题已成为当前湿地研究的主要课题。面对复杂的湿地生态系统以及现存问题，科学评估湿地生态系统的脆弱性或稳定性，从经济学视角研究湿地资源环境价值，有利于提高对湿地价值重要性的认识，有利于合理开发利用和保护有限的湿地资源与环境，实现生态、社会、经济的协调发展，最终达到可持续发展。

二、湿地研究蓬勃发展

1. 湿地生态恢复研究方兴未艾

生态恢复研究是 20 世纪 80 年代逐渐兴起和发展起来的一门应用生态科学，主要研究退化生态系统退化机理与原因、退化生态系统恢复与重建方法技术，是关于生态系统退化、演化和恢复机制研究和实践的理论总结，是进行生态恢复实践的科学依据，被称为“未来的希望”。面对全球和区域生态环境退化的严峻形势，生态恢复与重建已经成为当前生态科学、环境科学、地学等相关学科的研究热点，受到了众多专家、学者的关注，他们已在理论建构和实践参与方面做了大

① 1 hm^2=10 000 m^2。

量工作，取得了一定的成绩。首先，通过借鉴和创新，生态恢复研究构建了一些适合本学科需要的理论，如生态设计与自我设计理论、生态系统管理理论等（任海等，2001）。其次，世界各国尤其是发达国家相继实施了一批相关的生态恢复项目，从生态系统恢复的物理、化学和生物过程等方面进行了研究和实验，积累了一定基础，如美国的清洁湖泊计划（CLP）等。国内的生态（湿地）恢复开展较晚，但中国科学院的一些研究所以及东北师范大学研究院（所）等其他高等学校研究院（所）先后对森林、草地、湿地以及一些生态脆弱区进行了一系列研究，取得了一定的成果。

生态恢复研究尚需加强，在理论建构和学科应用实践方面还存在不足，这影响和制约了学科自身的发展和学科在实践中的应用。选择典型生态系统，就系统演化规律、生态退化机制、退化生态系统的恢复与重建进行深入研究，有利于生态恢复研究理论体系的完善，有利于生态恢复实践的逐步开展，体现生态恢复研究在环境保护和利用方面的应用价值。

近 20 年来，我国湿地生态恢复研究逐步开展和深入，先后对东湖、巢湖、滇池、太湖、洪湖、保安湖、白洋淀等浅水湖泊的富营养化控制和生态恢复进行了大量的研究，获得了许多成功的经验。如三江平原沼泽一直是我国湿地研究的重点区域，专家们通过采用适当的水土调控技术，合理确定区内农业开发规模与开发模式，成功地将湿地的生态恢复与生态农业建设有机地结合起来。

生态恢复研究为湿地生态恢复提供了理论基础，湿地恢复的总体目标是采用适当的生物、生态及工程技术，逐步恢复退化湿地生态系统结构和功能，最终达到湿地生态系统的自我持续状态。湿地生态恢复内容包括生态系统地表基底稳定性恢复、湿地水文和水质状况恢复、湿地植被和土壤恢复、湿地物种和生物多样性恢复、湿地景观恢复等，最终使生态、经济和社会因素相平衡。不同的退化湿地生态系统的恢复侧重点和要求有所不同。

2. 湿地资源经济学蓬勃发展

资源经济学是研究自然资源与社会经济相互关系及其发展变化规律的学科，是介于环境科学、经济科学和技术科学之间的交叉学科。资源经济学形成于 20 世纪 20 年代末，以伊利和莫尔豪斯于 1920 年出版的《土地经济学原理》为开端。资源经济学的产生与资源、环境问题的日益严重分不开。进入工业社会以来，在追求经济增长的驱使下，人类对自然资源进行了大规模的、前所未有的开发利用，在极

短的时期内，人类创造出巨大的物质财富，但同时，随着工业化、城市化的发展，耕地、淡水、森林、矿产等自然资源的消耗大大加剧，在导致资源危机的同时还引发了深重的环境灾难，给人类社会带来了巨大的危害和不利影响。这种严峻的形势迫使人们重新审视过去对资源、环境的认识，逐渐意识到自然资源的大规模开发利用会造成资源枯竭、环境破坏。很多经济学者开始运用现代经济理论与经济学分析方法对资源环境问题进行重新思考，探讨自然资源与社会经济的相互关系、资源问题产生的经济根源以及解决资源问题的经济学途径等课题。

经过七八十年的发展，资源经济学经过孕育阶段、产生阶段、发展阶段的发展，已经在经济学中占有重要地位。当今世界发展面临的人口、资源、环境等问题都与资源开发利用密切相关，建立和拓展资源经济学理论，科学指导各种资源的开发利用和保护，在社会发展中合理配置自然资源是时代对资源经济学的迫切要求。在此背景下，资源经济研究机构不断涌现，资源经济学和环境经济学论著大量出版，资源经济学得到前所未有的蓬勃发展。资源经济学研究已经从侧重单种自然资源转向关注整个资源系统与经济发展关系的研究，从注重本国资源经济问题研究转向注重国际合作和全球性资源经济问题研究，研究重心从资源最优配置和开发利用转向资源的可持续利用和生态可持续发展。

过去人们缺乏对湿地功能的认识，造成了对湿地的大规模破坏。随着社会进步、科学发展，人类逐渐意识到湿地生态系统的重要性，保护湿地的意识也不断增强。事实上，很多时候湿地遭到破坏并不完全是因为那些主导者不知道湿地的功能，而是因为他们误认为把湿地改用作其他用途会创造出更好、更高的价值。因此在利益占据重要地位的当今社会，有必要从资源环境经济学视角，将价值的概念引入湿地保护，将湿地资源环境的价值具体量化，运用经济标准衡量湿地的重要性。

最早的湿地资源价值研究主要集中在理论上，其探讨最多的是资源是否具备价值属性。湿地资源价值量的研究于 20 世纪 60 年代就已经出现，当时研究仅就湿地的商业与娱乐经济价值作评估。20 世纪 90 年代，生态系统服务功能价值概念被提出后，一些学者开始了生态系统服务功能价值的量化研究。1997 年美国 Robert Costanza 与他的研究团队对全球生态系统服务价值估算的研究成果是该领域的代表，被全球很多研究者借鉴或者引用。Robert Costanza 对生态系统的 17 种主要功能作了估算，得出全球生态系统每年产生的总价值为 332 680 亿美元、全球湿地生态系统每年产生的总价值为 48．79 亿美元。

湿地资源利用与保护临界的经济学准则为湿地是否适合开发提供了理论支持。湿地资源开发利用与保护临界的经济学准则是指湿地开发利用的边际净收益应不低于边际净损耗，也就是当生态损失发生特大变化，超出净收益，或者直接经济效益下降，小于净损耗时的湿地利用规模。

三、研究框架

1. 理论研究

本书研究涉及经济、生态、环境、管理等多学科领域，必须厘清相关概念，了解相关学科发展态势，掌握当前湿地资源经济分析研究趋势。因此本书首先对选题背景，湿地科学、资源经济学研究现状与进展，中国湿地资源状况，湿地生态系统的结构、功能与特点进行分析与综述，具体包括本书的第一章至第四章的内容。

2. 湿地退化分析

本书第五章选取典型湿地，通过文献索引、实地采样和遥感资料分析，建立湿地生态系统演化序列；对典型湿地当前面临的湿地面积萎缩、水质恶化、生物多样性减少等湿地生态系统结构、功能退化形势进行分析，找出导致湿地生态退化的经济学、社会学和生态学原因。

3. 湿地资源经济分析

湿地生态功能经济价值不能通过市场反映，因而被忽视，导致人类对湿地资源进行无序的开发利用，造成了湿地生态环境的严重破坏。为了有效保护湿地和合理开发利用湿地资源，需要对湿地生态系统服务功能进行全面了解，对其价值进行合理有效的评估。本书第六章选取洪湖湿地为典型试验区，对其进行生态系统服务功能价值评估，科学评价湿地开发利用及保护所造成的价值损益。

4. 湿地生态恢复工程研究

合理利用、保护湿地和有效恢复退化湿地生态系统已成为多方关注的焦点。为了应对湿地生态退化和资源价值损失，有必要进行湿地生态恢复与设计。本书第七章对我国实施的一些湿地生态恢复项目进行简单介绍，从生态工程角度就湿地生态恢复

提出相应对策，对湿地生态恢复监测与评价、恢复可能面临的问题进行阐述。

5. 湿地保护与恢复经济学制度安排

基于前面湿地资源经济分析和现实湿地生态退化的形势，本书第八章从经济学角度就我国湿地保护和恢复提出相应的见解，探寻有中国特色的湿地资源保护与恢复的经济学途径，以不断修正和完善湿地保护与恢复策略。

四、研究方法与路线

1. 研究方法

一是文献索引法，收集国内外湿地研究、资源经济学研究等相关文献，了解相关学科发展态势与进展，收集研究区，尤其是典型区——洪湖湿地的历史研究资料，分析湿地演化、退化及经济损益。

二是 3S（遥感技术 RS、地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS）技术方法，利用遥感资料，借助 3S 技术的强大空间数据分析与集成能力，配合野外调研与实验，就典型湿地——洪湖湿地演化、退化进行时空一体化研究，找出湿地生态退化的原因。

三是定性与定量分析相结合，湿地资源经济分析主要依靠数学方法定量分析，但由于并不是所有的资源价值都可以用数字表达，还需要进行定性分析，另外理论研究也主要靠定性分析。

2. 技术路线

首先，综述湿地生态恢复和湿地资源经济研究现状及发展趋势，对我国湿地资源的赋存、分布和湿地系统特点进行概述；其次，对湿地演化、退化进行分析，探寻湿地退化的经济学、社会学和生态学原因，探索湿地生态恢复路径；再次，从资源、环境和社会功能三个方面进行湿地功能分析，估算典型湿地资源经济价值；最后，在前述研究的基础上，确定中国湿地资源保护与恢复的经济学途径。

第二章　理 论 综 述

第一节　湿地研究概况

“湿地”从字面上看，是“湿润的土地”，但要确切把握湿地的定义，辨别湿地与非湿地的界限又是比较困难的。由于研究角度和任务不同，有关湿地的定义也不同，据统计，目前“湿地”的定义达 50 余种，大致分为狭义和广义两类。狭义的定义通常把湿地视为生态交错带，是陆地和水域之间的过渡区域，其水位常常较浅或接近陆地表面，主要分布在海岸带和部分内陆区域。从这个角度来讲，湿地是一个介于典型陆生生态系统和水生生态系统之间的湿生生态系统。广义定义以国际《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》（以下简称《湿地公约》）所作的湿地定义最为大家接受，其基本表述是：湿地不论天然或人工、长久或暂时性的沼泽地、泥炭地或水域地带、静止或流动、淡水、半咸水、咸水体，包括低潮时水深不超过 6m 的水域。这个定义包括海岸地带地区的珊瑚滩和海草床、滩涂、红树林、河口、河流、淡水沼泽、沼泽森林、湖泊、盐沼及盐湖。一般认为，广义的湿地定义在湿地利用、保护和管理上更具有实际意义，研究时强调把集水区内所有水体综合起来进行研究并注重湿地与其周围陆地的联系，本研究所提的湿地或湿地生态系统如没有特别说明，一般指的是广义湿地。

一、国际湿地研究

湿地研究始于欧洲，盛于北美。1901 年俄国在爱沙尼亚建立第一个沼泽实验站，开始湖沼学研究。20 世纪中叶后美国湿地研究达到较高水平，并于 1977 年颁布世界第一部湿地保护法规。1991 年，美国国家委员会、国家环境保护局、农业部和水域生态系统恢复委员会提出在 2010 年前恢复受损河流 64 万 km^2、湖泊 67 万 km^2、湿地 400 万 km^2 的庞大生态恢复计划，1995 年美国实施总投资为 6.85 亿美元的佛罗里达沼泽湿地恢复项目。荷兰农业部 1990 年制订《自然政策计划》，保护受围海造田影响急剧减少的动植物，并实施“生态长廊”计划；俄罗斯 1995 年通过《俄罗斯联邦维护自然保护区法》，全面规范国家自然保护区、

国家公园、国家禁伐（禁猎、禁渔）区、自然公园、森林公园等区域；德国2000年通过“保护与恢复沼泽地”计划挽救梅克伦堡州沼泽局部干涸的湿地；美国2000年颁布《保护湿地法案》；澳大利亚1997年颁布《国家湿地政策》指导湿地保护；南非也制订了《南非湿地保护计划》，旨在保证湿地可持续地发挥生态、社会、经济功能；印度尼西亚1994年成立国家湿地管理委员会以应对生物多样性的日益减少；巴基斯坦发起“保护湿地动物”计划。我国是湿地资源最丰富的国家之一，几乎包罗了所有的湿地类型。随着人口膨胀、经济发展和生态环境的恶化，我国的湿地保护意识也越来越强，并相继颁布实施了一系列相关政策法规，如1992年签订《湿地公约》、湿地保护与合理利用纳入《中国21世纪议程》、2000年颁布《中国湿地保护行动计划》、2001年编制完成《全国湿地保护工程规范》。与此同时，国际几项大科学计划都把湿地作为其研究对象。国际地圈-生物圈计划（IGBP）第二段计划与任务提出理解和评价陆地-人类-环境相互交叉的问题，湿地为这一研究提供了理想场所；IGBP、全球环境变化的人文因素计划（IHDP）和世界气候研究计划（WCRP）结合提出了碳“汇”和碳通量的时空分布及碳循环动力学，湿地是全球重要的碳储存库，湿地碳的“汇”与“源”的转化在全球气候变化研究中具有极其重要的意义；国际水文计划（IHP）第六节将湿地作为重要的研究内容。

根据杨永兴（2002a、2002b）等的研究，当前国际湿地科学研究的前沿方向主要有：

第一，湿地过程研究。这是湿地理论研究的核心问题，各国学者在探索湿地演化、退化、恢复等湿地过程规律上付出了很大的努力，对人类活动干扰下的湿地形成、发育、演化和恢复过程进行了深入研究。湿地过程研究主要集中在湿地演化、演替规律；C、N、S、P等元素循环以及重金属元素富集、迁移和转化；营养元素循环与生态功能的关系；湿地净化水质的过程与机理；湿地退化机制、退化湿地恢复；退化湿地诊断依据和评价指标体系；退化湿地过程动态模拟与预报。

第二，湿地保护与管理。随着人类对湿地的干扰和破坏性开发的加剧，湿地破坏已引发日益严重的环境和资源问题，加强湿地保护与管理已成为各国科学家和政府关注的焦点与共识。提出新的湿地保护战略、方针政策和技术成了湿地保护与管理的热点。

第三，湿地与全球变化。全球气候变暖是近年来人类密切关注的全球性环境

问题之一，湿地被认为是世界最重要的温室气体排放源，促使人们关注湿地温室气体研究。当前主要侧重于不同类型湿地温室气体“源”和“汇”过程、全球环境变化对湿地生态系统结构和功能的影响。

第四，湿地生物多样性保护。湿地的破坏与丧失给生物多样性带来严重的威胁，也造成一定程度的经济损失，美国农业部估算认为，植物基因资源使生产力每年约提高 1 倍，总价值超过 10 亿美元/年。生物多样性保护和生态安全引起了世界各国的关注。

第五，湿地水文研究。湿地水文过程直接控制湿地生态系统的形成与演化；湿地水文情势制约湿地环境的生物、物理和化学特征，影响湿地类型分异、湿地结构与功能。由于水文过程的复杂性、水文数据资料的连续性和系统性差、水文表达信息量的贫乏等，湿地水文研究有较大难度。

第六，湿地生态系统健康与评价。湿地生态系统健康是指湿地能够提供特殊生态功能的能力和维持自身有机组织的能力。主要研究方向有湿地生态系统健康综合评价指标体系及其测度研究，湿地生态系统健康恢复与调整研究，流域规划、流域管理与湿地生态系统健康关系研究等。湿地生态系统价值评价从对水的娱乐价值进行评价开始，以后逐渐拓展到对不同湿地社会经济价值的力求全面的评价。

第七，新技术、新手段和新方法应用。与其他学科一样，湿地科学的发展必然要借助现代化的技术和手段。3S 技术越来越普遍地用于湿地资源调查、动态变化监测和湿地资源合理开发利用，并开发出不同的湿地数学模型。

二、中国湿地研究

总体上讲，中国湿地研究起步较晚，研究深度和技术手段相对西方发达国家存在一定的差距，湿地研究队伍也不够强大。但是 20 世纪 50 年代以来，中国湿地研究从无到有、从弱渐强，取得了一定的成果。

第一，湿地价值评价。我国湿地评价研究起步很晚，主要集中在湖泊生态系统的恢复研究，特别是对长江中下游典型湖泊的研究与利用，相继开展起来的太湖、巢湖、淮河和太湖流域以及沿海滩涂研究，逐渐推动我国湿地价值评价研究的进程。湿地价值包括直接利用价值、间接利用价值、选择价值和存在价值。湿地生态系统服务价值评价将湿地生态系统功能转化为货币形式，直观地反映湿地的功能与作用。20 世纪 80 年代和 90 年代初的研究主要是对湿地某单一自然要素的定性评价；90 年代后期开始了湿地价值的定量研究；2000 年后湿地评价研

究得到较快发展，探索了湿地价值评价指标及其评价方法，并以扎龙湿地、三江湿地等为例进行了湿地价值评价研究。

第二，湿地管理与恢复研究。2000年11月我国颁布《中国湿地保护行动计划》，这是我国湿地保护与可持续利用的一个纲领性文件。截至2007年我国有30处湿地被列入国际湿地名录，总面积343万hm^2，占全国自然湿地总面积的9.4%。湿地保护与合理利用是湿地管理的核心，“保护”与“合理利用”不可分割。但湿地保护管理面临着许多困境，由于湿地涉及林业、农业、水利、国土、环保等多部门，湿地管理权属不明、管理部门职责不清等问题一直困扰着湿地的保护与管理，如何破解这些困境成为湿地管理研究的主要方向。

近年来，我国湿地生态恢复研究逐步开展和深入，先后对东湖、巢湖、滇池、太湖、洪湖、保安湖、白洋淀等浅水湖泊的富营养化控制和生态恢复进行了大量的研究，获得了许多成功的经验。三江平原沼泽一直是我国湿地研究的重点区域，通过采用适当的水土调控技术，合理确定区内农业开发规模与开发模式，成功地将湿地的生态恢复与生态农业建设有机地结合起来（崔保山，2000）。王克林针对洞庭湖湿地退化态势，提出洞庭湖湿地的景观结构和生态工程模式，设计了浅水水体农业、过水洲滩等不同类型的湿地生态工程模式（王克林，1998）。颜昌宙对云南洱海生态恢复提出滩地模式等多种湖滨带生态恢复工程模式，归纳了湖滨湿地工程技术、水生植被恢复工程技术等多项湖滨带生态恢复技术(颜昌宙等，2003)。

另外，我国学者在湿地水文、湿地生物多样性以及湿地环境功能等方面的研究也取得了一定的成果。如罗先香对三江平原挠力河流域湿地、陈起刚等对三江平原沼泽湿地、倪晋仁等对深圳湾潮流湿地、程根伟等对森林湿地水文模型进行了研究；刘超雄等对潜流式人工湿地底部炉渣层的硝化能力、袁东海等对人工湿地除氮进行理论与实证研究，都获得了较好的成效。

第二节　生态恢复研究

生态恢复无论是作为科学研究，还是生态建设实践，都已经在广泛的范围上开展。加强生态恢复理论和实践研究，探索生态恢复的理论基础，创新生态恢复学科体系，借鉴多学科的先进科学成果，提出适合生态恢复自身的理论，并将理论成果应用到实践中，在实践中不断积累经验、教训，无疑对各地正在开展的生

态恢复工作具有重要指导意义。

一、生态恢复理论基础

1. 生态系统演替理论

生态系统演替（ecosystem succession，ES）理论是恢复生态学最重要的理论基础，是实施生态恢复工程的认识论基础（杨京平，2002）。所谓生态系统演替，是指生态系统随时间的变化，一个类型生态系统被另一个类型生态系统所替代的过程，它以生物群落的演替为基础，同时包含生命系统和非生命系统的演替（蔡晓明，2002）。演替反映群落和生态系统形成、发展的动态变化，对生态演替的研究有助于正确认识生物群落和生态系统的现状及预测其未来，为管理生态系统和进行生态恢复提供科学依据。从生态系统角度看，生态演替过程就是生态系统的发展过程，意味着生态系统由幼年走向成熟，走向稳定，也即正常的生态演替会导向生态系统的稳定性，这是群落动态的一个最重要的特征，是解决当前生态危机的基础（彭少麟，2003）。

原生演替是指从原生裸地或原生荒原上开始的群落演替。原生演替开始时土壤尚未形成，完全没有植被，植物繁殖体靠外来输入，群落的形成和演替速度非常缓慢，包括从岩石开始的旱生演替系列和从湖底开始的水生演替系列。旱生演替系列一般要经过“地衣植物—苔藓植物—草本植物—灌木植物—乔木植物”等阶段，最终演替为中生森林群落。水生演替系列的过程是“自由漂浮植物阶段—沉水植物群落阶段—浮叶植物群落阶段—挺水植物群落阶段—湿生草本植物阶段—木本植物阶段”，最终也是中生森林群落。

次生演替是开始于次生裸地或次生荒原上的演替，是群落或生态系统在遭到干扰和破坏后，在自然条件下自行恢复原有结构和功能的过程。其大致步骤是：首先是先锋植物种的入侵，在遭到火、虫、灾或人类活动破坏的区域生长、定居，随着先锋植物的大量繁殖，次生裸地或荒原生态环境得到改变，朝有利于生物生存的方向发展，为其他物种的进入和生存开辟条件。而随着其他物种的进入，物种多样性增加，群落趋于复杂和稳定，逐步形成适合当地自然条件的生态系统并得以保持，如亚热带常绿阔叶林次生演替。

不论是原生演替还是次生演替，其演替基本过程为：①侵移，先锋物种进入裸地或以前不存在该物种的生境；②定居，物种逐渐适应环境，在新的生境生

长、发育和繁殖；③竞争，随着生境内物种数量的增加，物种密度加大，种间竞争变得激烈，一部分物种依靠较强的适应能力定居下来，而另有一些物种则遭到排斥，逐渐衰退或消失，最后通过竞争，达到相对平衡。Odum 认为演替是一个带有方向性的有序过程，是可以预测的；演替是群落改变物理环境的结果，是可以控制的；演替最后走向具有自我平衡性质的稳态（顶极群落）。

生态系统的演替并不是都能顺着上述的途径进行演替，而是会受各种自然和人为因素的影响。按照演替趋向，可以将生态系统演替划分为进展演替和逆行演替（表 2.1）。所谓进展演替，是指生态系统从先锋群落经过一系列的阶段，植物个体数量增加，群落结构的复杂化、群落利用自然界的生产力不断增强，最终到达中生性顶极群落，是一种沿着顺序阶段向着顶极群落的正向演替过程；反之，如果生态系统或群落演替是由顶极群落向先锋群落演变，群落结构简单化，则称之为逆行演替。逆行演替多是由人类的不合理活动造成的，是非正常演化，表现为生态系统的退化，功能不能得到有效发挥。

表 2.1　进展演替与逆行演替对比

进展演替	逆行演替
群落结构复杂化	群落结构简单化
地面最大利用	地面不充分利用
生产力最大利用	生产力不充分利用
群落生产力提高	群落生产力降低
新兴特有现象的存在	残遗特有现象的存在
群落的中生化	群落的旱生化和湿生化
群落环境的强烈改造	外界环境的轻微改造

生态恢复就是要尽量不打断自然的生态演替序列，避免逆行演替，使生态系统走正常演化道路，即进展演替，以保持生态系统的健康和安全。在这里生态恢复找到了自己的天然依据，因为生态系统演替有可能受到自然或人为干扰而发生不同程度的变化，进而影响生态系统的结构，扰乱系统的正常演化和健康水平，而通过生物的、工程的措施，可以对生态系统的演替施加某种程度的影响，使退化的生态系统朝人类期望的方向演替或演化，这就是生态恢复。

2. 可持续发展理论

可持续发展理论是关于未来发展模式选择的理论，是针对日益恶化的生态环

境问题提出的。可持续发展理论，尤其是生态可持续发展理论，为生态恢复提供了可能，因为生态系统是可以持续的。日益恶化、变得不再可持续的生态系统是由于受到干扰造成的，减少甚至消除干扰将会有利于生态系统正常演替，促进生态系统的健康。事实上，生态恢复的最终目标就是维持生态系统的可持续发展，为人类社会创造一个美好的生活环境。

生态环境是人类生存和发展的物质基础，是人类与其他生物共同的栖息地。生态环境为社会经济发展提供资源基础功能、环境基础功能和经济产出功能等多种功能，生态生产力是生态系统中自然资源与生态系统功能所具有的物质循环与能量转化的能力，包括生态系统中各种资源的自然生产力，如植物、动物、湿地、土壤的净初级生产力等。它不仅是一般社会生产力的基础，而且是特别高的劳动生产力的基础。生态系统整体性对全球经济的价值贡献巨大。生态可持续发展是人类社会可持续发展的基础和前提。所谓生态可持续发展是指生态系统良性演化，既可为当代人发展提供良好的生产、生活资源，又能为后代人保留足够的生存生活资源；既为当代人提供适宜的生态环境，又不威胁后代人的生存空间，使人类生存和生活的生态系统一直处于良好的运行状态。

生态系统可持续发展是环境管理的新方法和新目标，生态可持续性意味着生态系统功能正常发挥、结构不断优化，系统正常的物质循环、能量流动和信息传递得以维持。一个可持续的生态系统，应该是稳定的和健康的，是正常演替的，在时间上能够维持自身的组织结构，在功能上具有应对胁迫的恢复力，其内涵具体表现为活力、组织结构和恢复力三个方面。活力表示生态系统的功能与系统整体物质代谢、能量流动有关，包含维持系统所需的能量和实现系统所有目的而获取的能量，表现为系统对压力的反应能力以及各级水平上的活性和组织水平；组织结构代表系统的复杂性，根据系统组分间相互作用的多样性及数量来评价，会随生态系统的次生演替而发生变化和作用（任海等，2001）；恢复力是系统对外界胁迫的抵抗能力，是系统在胁迫出现时维持系统结构和功能的能力。

传统发展观单纯追求物质财富的增长，片面强调生态环境的经济效益，忽视环境的生态效益和社会效益，滥用自然资源，破坏自然环境，带来了严重的生态环境问题。可持续发展实质上是要求人们从传统发展模式中解脱出来，探寻一条人与自然协调发展的新模式——生态可持续模式。生态可持续首先主张“人是自然的一员”，人类的生产、生活活动应遵循生态学原理，不随意破坏自然生态系统的正常演化，实现人与自然和谐相处，协调发展。生态可持续发展强调自然界本身的发

展，重视生态系统的自然演替，不再单纯从“人类中心主义”出发考虑问题，而是把问题放在一个大的“人类-环境系统”来考察，以维持整个大系统的正常演化和可持续性。其次，生态可持续发展强调发展的生态环境成本，认为人类社会的发展是包含了自然成本在内的发展，而不是不计自然成本的发展，自然成本的过度丧失也许是难以弥补的，那种不计自然成本和生态环境承载力的发展不是真正意义的发展，是不可持续的、暂时的发展。联合国曾对印度尼西亚的发展进行过评估，按传统发展模式进行衡量，该国20世纪七八十年代国内生产总值（GDP）年均增长达7%，而考虑自然成本后，增长率则大幅下降，甚至出现负值[①]。

生态可持续发展表明，生态系统演化是有方向性的，可持续的生态系统是社会经济可持续发展的基础，是生态系统恢复的目标之一，实现生态系统可持续发展则是生态系统恢复的核心和最高目标。从生态可持续发展角度看，生态恢复就是通过一定的措施与手段避免或减少生态系统演化的不可持续性。维持生态系统的可持续进化，最终是为了提高区域生态的可持续发展能力，使生态系统为人类的生存、发展更好地服务。

3. 生态系统管理理论

生态系统管理（ecosystem management，EM）理论是进行生态恢复的另一理论基础。生态系统管理是合理利用和保护生态系统最有效的途径，是进行恢复生态学的方法论基础。从生态系统管理看，所谓生态恢复就是通过一定的手段和措施，对生态系统实施科学的调控和管理，保持生态系统的健康。人类社会的可持续发展归根结底是生态系统管理问题。

1）生态系统管理基本原理

所谓生态系统管理就是，应用生态学、经济学、社会学、管理学、工程学等原理、措施，对生态系统尤其是退化生态系统进行适度的调控，使生态系统能够正常演化，维持生态系统的健康状态，使生态系统组分、结构和功能达到可持续发展。简单地说，生态系统管理就是操作物理学、化学和生物学的过程，把有机体及其非生物环境以及人类活动的调节联系起来，营造一个理想的生态系统环境。生态系统管理是一项综合性的整体论管理方法，把人纳入生态系统管理系统中。事实上，人作为高级的有智慧的生物，既是生态系统演化的产物，又是生态

① 衡量经济社会发展的其他指标. http://www.hnol.net. 2004-2-18。

系统的组成部分，同时也是生态系统重要的调控者，一定意义上，甚至可以说是生态系统的“管理者”。可以说，人对于生态系统而言，既“身在其中”，又“置身其外”。正确认识人与生态的关系，减少人类活动对生态系统的不合理干扰和破坏，对生态系统管理具有重要意义。

生态系统管理对象是由自然与人类组成的生态系统，是复杂巨系统，需要用定性与定量集成的方法进行研究。生态系统管理理论把人类、社会价值整合到生态系统，要求融合生态学、社会科学等多学科的知识和技术，对人类活动与自然因素对生态系统的干扰、生态系统退化的阈值、生态系统功能和结构的变化以及人类应对生态系统退化的恢复与管理措施进行研究。通过对生态系统结构、功能以及输出、输入施加影响，维持生态系统的正向演化，实现生态系统的健康发展。

生态系统管理强调保护生态系统的生物多样性和结构复杂性。对于生态系统的稳定和健康来说，一般情况下，生物多样性和组织结构越复杂，生态系统也就越稳定越健康，功能越能得到较为充分的发挥。生态系统管理允许和鼓励长期管理生态系统活动的多样性。精华式的或功利性的管理系统，会减少生态系统复杂性，影响系统的紧密结合结构，进而降低生态系统的稳定性和可持续性，这是生态系统管理中应尽量避免的。

生态系统管理看重生态可持续性。可持续性是指生态系统受到某种干扰时保持其生产率的能力，核心是人类社会经济活动不能超越资源与环境的承载能力。在生态系统管理理论中，可持续性不仅是生态系统管理的重要目标，而且是管理的前提。当然，可持续性是动态变化的，绝不只是维持生态系统目前的某种状态，不受生态系统时、空变化的影响。任何妄想使生态系统“静止”在某一状态的想法都是错误的，将导致管理的失败。

2）生态系统管理与生态恢复

生态系统管理作为一种新的管理资源环境的整体论方法，调节生态系统内部结构与功能以及系统内外的输入与输出，发展与保护生态并举，目的是实现一个地区（或生态系统）的长期可持续性，即生态系统健康（彭少麟，2003）。恢复生态学研究生态系统退化的原因、退化生态系统恢复与重建的技术与方法、生态学过程与机理，其目的也是通过一定的生物或工程措施，对生态系统施加一定的影响，实现生态系统的可持续发展。可以看出，生态系统管理与生态恢复概念既有一致的方面，也有差别的地方，一致性是都要对生态系统进行不同程度的调控，目的都是为了生态系统的健康与可持续发展；差异性在于二者的着重点不同，生态系统管理着

重于生态系统的管理，范围较为宽泛，包含演化、退化、恢复等生态系统过程和结构、功能的调控；而生态恢复则仅针对退化生态系统，在把握退化机理的基础上，通过生物的、工程的措施，使生态系统演化由退化状态改为向健康状态演替。

综上所述，尽管能够作为生态恢复理论基础的理论很多，但最根本的有三个，即生态演替理论、可持续发展理论和生态系统管理理论，它们共同构成了生态恢复三位一体的理论基础（图 2.1）。其中，生态演替理论为恢复生态学提供了认识论基础，说明生态系统是变化的，并有一定的规律性，正是由于人为原因和自然原因的干扰打乱了生态系统的正常演替顺序，才产生了生态系统退化问题。而演替既有进展演替，又有逆行演替，这为实施生态系统恢复提供了可能，生态恢复本质上是尽量避免逆行演替，促进生态系统的自然进展演替。可持续发展理论则为恢复生态学提供了恢复方向和恢复目标根据，该理论认为生态可持续是社会经济可持续发展的基础和前提，是生态系统演化的目标之一，为生态恢复指明了方向，即生态恢复就是通过一定的方法和技术减少生态的不可持续性，推动生态可持续发展，为人类提供良好的生态环境。生态系统管理理论则为生态恢复提供了方法论支持，认为通过有效的生态系统管理，可以使退化生态系统得以恢复和重建，从而使生态恢复获得科学方法支撑，说明通过一定的生态系统管理途径进行生态恢复，既是可行的，也是可能的。

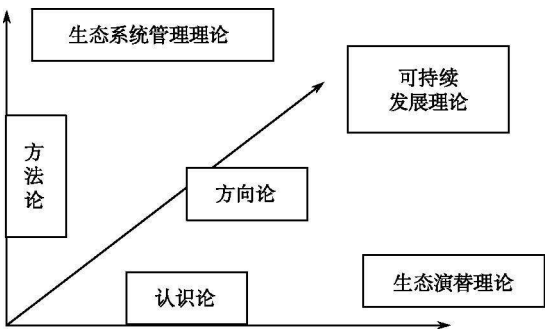

图 2.1　生态恢复理论基础示意图

二、生态恢复基本问题

1. 生态恢复目标

确定合理的生态恢复目标是进行生态恢复实践的前提，退化生态系统恢复的首要任务是确定生态恢复目标，有了目标，才可以制订相应的恢复方案，才可以

确定生态恢复成功与否的评价标准。当然，根据前面的论述，生态恢复的最终目标是生态系统的可持续发展，是整个区域的生态-社会-经济系统的可持续发展。然而，生态可持续作为生态恢复的终极或统一目标，由于其概念和内涵的宽泛性和不确定性，在实际工作中并不宜于具体操作，难免流于空洞。事实上，生态恢复的目标是多方面、多层次的，很难有一个统一标准，应针对不同的退化生态系统类型和退化原因确定相应的恢复目标。

确定生态恢复目标的过程非常复杂。生态恢复目标是由总体目标与具体目标构成的复杂目标体系，而且还需考虑动态的、不确定的因素。但生态恢复作为一种最终要落实到实践中的工程活动，必须制定具体的生态恢复目标。没有明确、合理的目标，生态恢复将很难开展，效果也难以保证。考虑生态恢复的生态、社会、经济和文化需求与生态恢复技术的可能性，可以将生态恢复的目标归纳为以下几个方面（蔡晓明，2002）：

1）生态系统保护

保护现有的生态系统是进行生态恢复的首要目标，尽管生态恢复主要是针对退化生态系统的，但生态系统的保护仍是生态恢复的重要工作，因为对于正在退化的生态系统，在没有找到合理的恢复途径和措施之前，应尽量保证生态系统不再退化，遏止退化的趋势，为将来实施生态恢复创造条件。而且，保护好现有的生态系统对实施生态恢复具有重要参考意义，是衡量退化生态系统恢复的重要参照因素。

2）生态系统组分和结构恢复

生态系统结构是生态系统内要素相互联系、作用的方式，是生态系统的基础。生态系统结构包含三个部分：两个以上的要素、各组分与环境的结合、各组分之间的相互关系。良性的生态系统往往表现出较好的整体性，对外界干扰具有较强的抵抗力。

要正确认识区域生态系统，实施生态系统恢复工程，首先必须了解系统的组分构成，把握生态系统结构特征，分析退化生态系统组分与结构的变化过程，找出系统变化的原因与机理，通过一定的措施与途径，逐步恢复生态系统原有的组分和结构，保持系统的稳定性。结构恢复的主要指标是乡土种的丰富度，即恢复所期望物种的丰富度和群落结构，确认群落结构和功能间的联结形成。

3）生态系统功能恢复

退化生态系统不仅表现为生态结构的退化，而且还表现为生态系统原有的生

态功能削弱或丧失，不再拥有良好的生态功能。如湖泊生态系统由于泥沙淤积而产生调蓄功能下降，森林生态系统破坏造成水土保持功能降低，以及各类水域生态系统的水体净化能力减弱等。生态系统功能退化给人类社会带来了严重后果，影响了区域生态-社会-经济系统的可持续发展。故此应对退化生态系统进行生态功能的恢复。

生态恢复是整个退化生态系统的全面恢复，既要恢复生态系统的结构，又要恢复系统的各项功能（图 2.2）。恢复生态系统的功能就是要维持和恢复生态系统正常的能量流动，使生态系统能够正常获得外界能量，并使能量在系统内合理流动；生态系统功能恢复就是恢复生态系统的良性循环，保持系统内部物质和营养成分正常的生物、化学和物理过程；生态系统功能恢复就是恢复生态系统的合理的信息传递，使生态系统内部的物理信息、化学信息、行为信息和营养信息能够有效地传递。

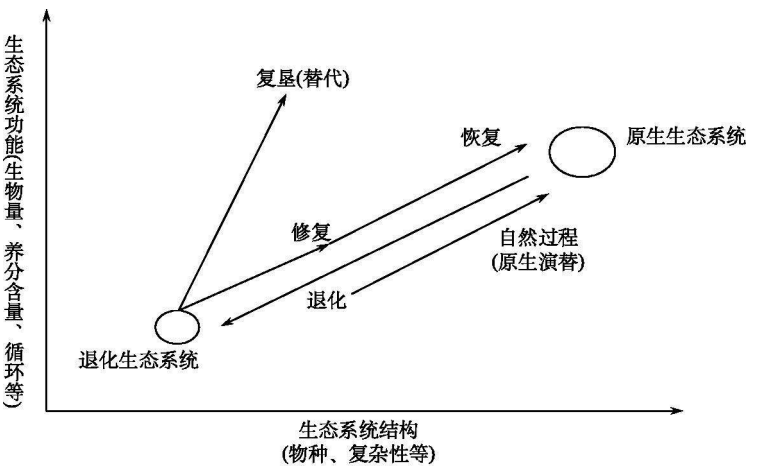

图 2.2　生态系统结构与功能恢复关系

资料来源：赵晓英，陈怀顺 .2000. 恢复生态学的相关概念 . 资源生态环境网络研究动态，11（4）：25-29

事实上，生态恢复绝不只是植树造林、恢复生物多样性，其实质是要试图重新创造、引导或加速生态系统的自然演化过程，即通过人类的努力，创造良好的条件，促进一个生态系统发展成为由当地物种组成的结构合理、功能完备、系统内外信息传递顺畅的完整生态系统，在维持生态可持续的基础上更好地为区域社会经济可持续发展服务。

2. 生态恢复技术

生态恢复是一项实践性极强的应用科学，要把科学的生态恢复理论运用到具体的生态恢复实践，需要相应的技术支持，这也是目前生态恢复实际工作所面临的最大问题之一，是恢复生态学研究的一个较为薄弱的环节，应在理论研究和实践应用中加以重视。

对于退化生态系统，生态恢复工程技术主要有生物技术和工程技术。所谓生物技术就是选择合适的生物尤其是植物种类来改造环境，使之变得更适合生物的生存；工程技术则是指利用物理或化学原理，采用工程方法直接改良环境，使之能够支持生态恢复目标的实现。上述两种技术和方法的结合使用可以加速自维持生态系统的重建，使生态恢复获得满意的结果。

由于退化生态系统的退化类型、阶段、过程及其响应机理不同，在进行生态恢复时，其恢复的侧重点和技术也会不同。对一般退化生态系统而言，不管是生物技术还是工程技术，最终都是针对以下三个方面的：一是生态系统非生物或环境要素，二是生态系统生物因素，三是生态系统总体。生态恢复通过上述三个方面的努力和改善，促进生态系统结构和功能的优化。任海等（2001）总结了一些退化生态系统恢复与重建技术，可供退化生态系统恢复实施借鉴（表 2.2）。

表 2.2 退化生态系统的恢复与重建技术体系

类型	对象	技术体系	技术类型
非生物环境因素	土壤	土壤肥力恢复技术	少耕、免耕技术；绿肥与有机肥施用技术；生物培肥技术；化学改良技术；聚土改土技术；土壤结构熟化技术
		水土流失控制与保持技术	坡面水土保持林、草技术；生物篱笆技术；土石工程技术（小水库等）；等高耕作技术；复合农林牧技术
		土壤污染控制恢复技术	土壤生物自净技术；施加抑制剂技术；增施有机肥技术；移土客土技术；深翻埋藏技术；废弃物的资源化利用技术
	大气	大气污染控制技术	新兴能源替代技术；生物吸附技术；烟尘控制技术
		全球变化控制技术	可再生能源技术；温室气体的固定转换技术；无公害产品开发与生产技术；土地优化利用与覆盖技术
	水体	水体污染控制技术	物理处理技术；化学处理技术；生物处理技术；氧化塘技术；水体富营养化控制技术
		节水技术	地膜覆盖技术；集水技术；节水灌溉

续表

类型	对象	技术体系	技术类型
生物因素	物种	物种选育繁殖技术	基因工程技术；种子库技术；野生生物种的驯化技术
		物种引入与恢复技术	先锋种引入技术；土壤种子库引入技术；乡土种重建技术；天地引入技术；林草植被再生技术
	种群	物种保护技术	就地保护技术；迁地保护技术；自然保护区管理技术
		种群动态调控技术	种群规模、年龄结构、密度、性比例等控制技术
		种群行为控制技术	种群竞争、捕食、寄生、共生、迁移等行为控制技术
	群落	群落结构优化配置与组建技术	林灌草搭配技术；群落组建技术；生态位优化配置技术；林分改造技术；择伐技术；透光抚育技术
		群落演替控制与恢复技术	原生与次生快速演替技术；封山育林技术；水生与旱生演替技术；内生与外生演替技术
生态系统	结构功能	生态评价与规划技术	土地资源评价与规划；环境评价与规划技术；景观生态评价与规划技术；4S（应用遥感技术（RS）、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）、）（ES）专家系统辅助技术
		生态系统组装与集成技术	生态工程设计技术；景观设计技术；生态系统构建与集成技术
景观		生态系统间链接技术	生物保护区网络；城市农村规划技术；流域治理技术

3. 生态恢复基本理论

1）自我设计与设计理论

自我设计与设计理论是由 van der Valk、Mitsch 和 Jorgensen 等提出的，据称是唯一从恢复生态学中产生的理论，对生态恢复实践具有重要指导意义。自我设计理论认为，只要有足够的时间，随着时间的推进，退化生态系统将根据环境条件合理地组织自身并会最终改变其组分，即在一块退化的生态区域，人为种不种植被无所谓，最终会出现由环境决定的植被类型和植被分布。该理论实质是退化生态系统具有自我恢复的功能，在不施加人类影响的情况下，退化生态系统自身会恢复到退化前的状态。

生态恢复设计理论认为，通过工程方法和植物重建可直接恢复退化生态系统，但恢复的类型可能是多样的。这一理论把物种的生活史作为植被恢复的重要因子，并认为通过调整物种生活史的方法就可加快植被的恢复。

这两种理论的不同点在于：自我设计理论把恢复放在生态系统层次考虑，没有考虑缺乏种子库的情况，其恢复的只能是环境决定的群落；而人为设计理论把恢复放在个体或种群层次上考虑，恢复的可能是多种结果。

2）生物入侵理论

生物入侵理论认为，在生态恢复过程中，退化的生态系统能否恢复依赖两方面的因素，一是生物的定居能力，即入侵生物在生态系统区域范围内能否散布和生长，以及其散布和生长的能力，只有具备一定的定居能力，生物才有可能在退化生态区域生存并逐步发展，使退化区生态状况得到改善；另一方面是安全岛，即退化区域是否具有适于先锋植物萌发、生长和免于危险的安全点，安全岛的存在为植物在退化生态区域生长和发育提供了基本的环境条件，安全岛由障碍和选择性决定，当移开一个非选择的障碍时，就会产生一个安全岛。例如，在湿地生态系统中移走某一种植物，就会为另一种植物入侵提供一个临时安全岛，如果这个新入侵物种适于在此生存，它就会逐步入侵和扩展到其他的位点。生物入侵理论能够解释各种入侵方式，在生态恢复中可人为加以利用。

生态恢复研究还应用了许多学科的理论，主要是生态学理论。这些理论主要有限制性因子原理（寻找生态系统恢复的关键因子）、热力学定律（确定生态系统能量流动特征）、种群密度制约及分布格局原理（确定物种的空间配置）、生态适应性理论（尽量采用乡土种进行生态恢复）、生态位原理（合理安排生态系统中物种及其位置）、演替理论（缩短恢复时间，尽管演替理论不适用极端退化的生态系统恢复，但有指导作用）、生物多样性原理（引进物种时强调生物多样性，生物多样性可能促使恢复的生态系统稳定）、缀块-廊道-基底理论（从景观层次考虑生境破碎化和整体土地利用方式）等。

第三节　理论经济学概述

理论经济学主要研究经济学中的一般理论问题，揭示经济学的基本概念、基本原理以及经济活动的一般规律，为各个经济学科提供基础理论，是经济学科中的一个分支学科。理论经济学是一门古老而又年轻的学科，是一种不断发展的学科。在西方经济学中，理论经济学主要指宏观经济学与微观经济学。美国经济学家劳埃德·雷诺兹认为“理论经济学”由三部分组成：微观性质的工具，内容主要指微观经济学；混合性质的工具，包括价格理论、一般均衡论等；宏观性质的

工具，包括货币理论、经济增长理论等。本书就与湿地保护和资源合理利用有关的资源经济学与生态经济学进行简要概述。

一、资源经济学

资源经济学是一门以可持续发展为基本准则，研究资源在代内与代际公平合理配置[①]，以及资源配置决策产生的收入分配效果的学科，侧重研究自然界为人类社会提供资财来源服务时产生的经济问题和经济关系。

资源是一个动态概念，它的含义和表述随人们对它的认识和利用程度的深化而不同。一般意义的资源指资财的来源或财源，包括自然资源和社会资源（生产资料、资金、人力资本和信息等）；狭义的资源主要指自然资源，即自然界进入生产过程的各种物质资源。联合国环境规划署将自然资源定义为在一定时间、地点的条件下，能够产生经济价值，提高人类当前和将来福利的自然环境因素和条件。我国学术界对自然资源的定义是：自然界形成的可供人类生活与生存利用的一切物质和能量的总称。资源经济学中的资源是指在一定的社会经济技术条件下，人类所发现的有用且稀缺的物质、能量及其功能过程的总和，它往往以自然状态进入生产过程或直接进入消费过程以提高人类当前或未来的福利。

传统价值理论认为资源没有经过人类劳动，是自然之物，尽管有使用价值，但没有价值，不具备商品的属性。在这种资源无价值观念的支配下，人类为追求物质财富对资源进行过度开发与滥用，其结果是，随着社会生产力水平的迅速提高和经济发展规模的空前扩大，出现了对资源需求日益增长与资源供给有限的矛盾，激化了当代的资源危机与生态危机。最经典的事例就是英国哈丁教授提出的“公有土地的悲剧”，哈丁假定了一个向所有人无偿开放的天然牧场，每个在牧场上的放牧人的行为准则是尽可能使自己的个人收益达到最大，因此每个人都试图在牧场上放养尽可能多的牲畜。对于每个放牧人来说这种行为准则在经济上是合理的，所以每个放牧人尽其所能地扩大自己的畜群。随着放牧者和牲畜的增长，一段时间以后必然出现过度放牧，最终导致所有放牧者和牲畜的毁灭。

事实上，经济再生产过程总是同自然再生产过程交织在一起。长期以来，人们忽略了两者的依存关系，将资源视为自然再生产的结果，机械地理解和教条地

① 代内公平是指代内所有人，不论其国籍、种族、性别，经济发展水平和文化等方面的差异，在利用自然资源和享受良好的环境上享有平等的权利；代际公平指当代人和后代人在利用自然资源、谋求生存与发展上权利均等。