

鄱阳湖湿地生态修复 理论与实践

·刘青 鄢帮有 葛刚 谭晦如 等著·



科学出版社

鄱阳湖湿地生态修复理论与实践

刘 青 鄢帮有 葛 刚 谭晦如等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在国家科技支撑计划“鄱阳湖生态保护与资源利用研究”项目的“湿地生态修复、重建技术集成研究与示范”课题研究的基础上编撰而成。全书共分3个部分,第一部分是湿地退化与湿地修复概论,主要介绍湿地的功能、退化与修复以及湿地植被恢复技术;第二部分是关于鄱阳湖湿地演替与修复重建技术,主要介绍鄱阳湖湿地及其特征、鄱阳湖湿地景观格局及其动态、鄱阳湖湿地退化现状及其原因、鄱阳湖湿地生态修复技术;第三部分是鄱阳湖湿地修复与资源高效利用实践,主要介绍两个试验示范研究案例的情况,一个是在鄱阳湖双退区和退化湿地进行生态修复与重建试验示范的案例,另一个是在鄱阳湖单退区开展湿地修复与资源高效利用试验示范的案例。

本书可供相关专业的科研和管理人员及高等院校本科生、研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

鄱阳湖湿地生态修复理论与实践/刘青等著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-034278-2

I. 鄱… II. ①刘… III. ①鄱阳湖-沼泽化地-生态系-研究

IV. ①P942.560.78

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第092285号

责任编辑:韦沁 朱海燕 景艳霞/责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬/封面设计:东方人华

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>

北京天时彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



*

2012年5月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年5月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:258 000

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

湿地被称为“地球之肾”、“生命的摇篮”和“物种基因库”，与森林、海洋一起并称为全球三大生态系统。湿地不仅含有丰富的动植物资源、水资源，同时还在维护生物多样性、调节气候、降解污染、调蓄洪水、涵养水源、水土保持、美化环境、教育与科研等方面发挥重要作用，具有巨大的生态、经济和社会效益。地球上约有 47% 的生态服务功能来自于湿地生态系统。鄱阳湖湿地 1992 年已被列入国际重要湿地名录，洲滩湿地面积达 2787km²，是我国淡水湿地中生物资源最丰富、生物量最大、生物多样性最高的湿地生态系统，是众多珍稀候鸟（水禽）的越冬栖息地和珍稀水生动植物的生息场所。但近几十年来，随着工农业的迅猛发展、人口的急剧增加和城市化进程的不断加快以及全球气候的变异和生物入侵的加速，鄱阳湖湿地正面临着区域生态环境破坏、自然景观消失、生物多样性减少、气候条件变化、生态系统结构和功能丧失等多种生态灾难。鄱阳湖湿地生物资源自 20 世纪 50 年代以来急剧减少，尤以 90 年代为甚，各种类型植被逐渐衰退，湿地生态系统结构与功能受到威胁。对鄱阳湖退化和受损湿地进行修复研究、维护湿地生态系统功能、加强生物多样性保护、为鄱阳湖的水环境安全服务已成为鄱阳湖生态经济建设的重要任务。

湿地研究是国家战略层面上的一项重大课题。基于国家的生态安全、水安全、生存安全和可持续发展，必须加强湿地科学的基础研究和应用研究。鄱阳湖是中国第一大淡水湖，也是目前长江中下游仅存的两个大型自然通江湖泊之一，是长江中下游地区最大的天然调蓄洪区和水源涵养区。鄱阳湖作为调蓄洪区能有效缓冲长江中下游供水的压力，减轻洪水对长江下游三角洲的威胁；作为水源涵养区，在枯水季节能为长江下游补充大量清洁淡水，其强大的生态功能对长江下游水量及水质调节起着重要作用。但由于开发利用不当，鄱阳湖调蓄洪水功能明显下降，蓄洪能力减少约 20%；水质总体状况虽然良好，但局部日趋恶化。对鄱阳湖湿地进行修复与重建，提高鄱阳湖的水生态安全，是保证长江下游和江西省用水安全的需要。

鄱阳湖湖区人口密集，土地资源日趋紧张，人地矛盾非常突出，同时湖区农民的收入水平比全省的平均水平要低近 20%。为解决人地矛盾，围垦鄱阳湖造耕地成为一种便利的途径，特别是 20 世纪 60 年代，围垦鄱阳湖湿地的活动尤为强烈。围湖造田使得湿地面积减少，生物多样性受到严重威胁，自然环境和生态环境遭到极大破坏。

但1998年洪水过后，鄱阳湖区实施了“平垸行洪、退田还湖、移民建镇”的治水战略，仅退耕还湖就使湖区蓄洪面积增加867km²。环鄱阳湖区土地利用结构发生了明显变化，湖区本已紧缺的可利用耕地资源就更少了，致使鄱阳湖有近一半的退田还湖区域仍然存在围湖造田的现象。为此，有必要在湿地恢复和重建中进行资源利用模式研究，在保护好湿地环境的同时，充分有效地利用当地的湿地资源和农业资源，促进当地经济的发展，解决湖区人们的生活问题，改善和提高湖区人民的生活水平，促进鄱阳湖湿地的可持续发展。

有鉴于此，国家科学技术部于2007年立项支持“湿地生态修复、重建技术集成研究与示范”课题研究。该课题是国家科学技术支撑计划“鄱阳湖生态保护与资源利用研究”项目的5个课题之一，由江西省山江湖开发治理委员会办公室牵头实施，江西省遥感信息系统中心、南昌大学、江西师范大学、江西省红壤研究所、南昌工程学院、都昌县科学技术局、都昌县多宝乡等单位共同参与。课题旨在通过开展鄱阳湖退化湿地生境的生态恢复技术研究，集成恢复湿地生物群落的物种选育、培植、保护及种群动态调控技术，进行试点示范，在鄱阳湖区建立多种类型的湿地恢复样板。课题自2007年10月开始，历时3年，圆满完成各项研究和示范任务，并通过了科学技术部组织的专家验收。

在课题的实施过程中，项目组组长胡振鹏教授、副组长王晓鸿研究员自始至终都给予了悉心的指导，同时江西省科学技术厅有关领导和同志们也给予了大力支持与帮助，项目也得到了课题各参与单位领导的支持，在此表示衷心感谢！

本书正是在该课题研究成果基础上编撰而成。全书共8章，第一章为湿地功能、退化与修复，介绍湿地生态系统及其主要生态功能、湿地退化概念及原因、湿地恢复概念与原理。该章由刘青、鄢帮有、周杨明、严玉平、谭晦如、葛刚编写。第二章为湿地植被恢复技术，对湖泊湿地植被修复技术进行综述，介绍湿地恢复植物物种选育及培植和湿地生物入侵与防控。该章由葛刚、曹昀、沈文清编写。第三章为鄱阳湖湿地及其特征，介绍鄱阳湖湿地的地形地貌、气候、水文、土壤、生物等自然概况和鄱阳湖湿地的特征。该章由谭晦如、葛刚、黄齐编写。第四章为鄱阳湖湿地景观格局及其动态，介绍鄱阳湖湿地景观类型及空间格局、湿地水文过程与景观变化、水位变化主导下的湿地植被波动与演替。该章由谭晦如、葛刚、刘成林编写。第五章为鄱阳湖湿地退化现状及其原因，从湿地面积、植被结构、富营养化趋势、水质、水生动物等多个方面介绍鄱阳湖湿地退化现状，分析湿地退化人为因素和自然因素两个方面的原因。该章由葛刚、严玉平编写。第六章为鄱阳湖湿地生态修复技术，介绍鄱阳湖不同类型湿地恢复技术、湿地植物的物种选育及群落配置、外来入侵生物防控。该章由葛

刚、曹昀、沈文清、夏雨编写。第七章为鄱阳湖退化湿地生态修复与重建，介绍在鄱阳湖双退区和退化湿地进行生态修复与重建试验示范的案例的情况，包括鄱阳湖双退区和退化区湿地植被恢复与重建、湿地生态修复重建生态效益分析等。该章由钱海燕、刘梅影、严玉平、鄢帮有、廖国朝、谭晦如、肖锡红、陈葵、何文莉编写。第八章为鄱阳湖单退区湿地恢复与资源高效利用，介绍在鄱阳湖单退区开展湿地恢复与资源高效利用试验示范的一个案例，包括鄱阳湖单退区水产养殖污染治理、鄱阳湖单退区资源高效利用技术及模式、鄱阳湖单退区湿地恢复与土地资源高效利用的对策及建议等。该章由叶川、黄欠如、孙永明、夏雨、刘青、黄齐编写。全书由刘青统稿，鄢帮有、谭晦如、葛刚参与本书部分篇章统稿。

本书在撰写过程中，借鉴并参考了大量的文献，基本都在书中加以标注，但难免有所疏漏，对未能注明出处的文献资料，在此对其作者深表感谢！同时，限于作者水平，本书不当之处敬请批评指正！

作 者

2011年12月

第一章 湿地功能、退化与修复

第一节 湿地生态系统及其主要生态功能

一、湿地与湿地生态系统

湿地的概念有广义和狭义之分。在狭义上一般被认为是陆地与水域之间的过渡地带；在广义上则被定义为地球上除海洋（水深 6m 以上）外的所有大面积水体。1971 年在拉姆萨尔通过了《湿地公约》，该公约将湿地定义为：“天然或人造、永久或暂时之死水或流水、淡水、微咸或咸水沼泽地、泥炭地或水域，包括低潮时水深不超过 6m 的海水区”。《湿地公约》中的湿地定义是广义定义。一般而言，湿地的起源分为水体湿地化、陆地湿地化和海岸带演化 3 种类型（马学慧和牛焕光，1990）。水体湿地化包括湖泊湿地化、河流湿地化、水库湿地化等；陆地湿地化包括森林湿地化、草甸湿地化、冻土湿地化等；海岸带湿地的发育则包括三角洲湿地、潮间带湿地、海岸潟湖湿地和平原海岸湿地等（殷康前和倪晋仁，1998）。

按照湿地的广义定义，全世界约有天然湿地 85 580 万 hm^2 ，占地球陆地总面积的 6.4%（王宪礼和李秀珍，1997）。我国是世界上湿地资源最为丰富的国家之一，湿地面积仅次于加拿大、俄罗斯和美国，位居世界第四（赵魁义，1999）。我国湿地众多，从寒温带到热带、从沿海到内陆、从平原到高原山区都有湿地分布，一个地区内常常有多种湿地类型，一种湿地类型又常常分布于多个地区。根据 1995~2003 年全国湿地资源调查统计结果表明，我国现有 100 hm^2 以上的各类湿地总面积为 3848 万 hm^2 （不包括香港、澳门和台湾的数据，也不包括水稻田湿地），包括近海与海岸湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和库塘湿地五大类。其中，自然湿地面积为 3620 万 hm^2 ，占全国湿地面积的 94.07%；库塘湿地面积为 228 万 hm^2 ，占全国湿地面积的 5.93%。自然湿地中，近海与海岸湿地面积为 594 万 hm^2 ，占全国湿地面积的 15.44%；河流湿地面积为 821 万 hm^2 ，占全国湿地面积的 21.34%；湖泊湿地面积为 835 万 hm^2 ，占全国湿地面积的 21.70%；沼泽湿地面积为 1370 万 hm^2 ，占全国湿地面积的 35.60%。

湿地是地球表层生态系统的重要组成部分，它是水陆相互作用形成的具有特殊功能的自然综合体，它包括所有的陆地淡水生态系统（如河流、湖泊、沼泽）以及陆地

和海洋过渡地带的滨海湿地生态系统，同时还包括了海洋边缘部分咸水和半咸水水域（吕宪国和刘晓辉，2008）。湿地生态系统支持了全部淡水生物群落和部分盐生生物群落，它兼有水域和陆地生态系统的特点，具有极其特殊的生态功能，是地球上最重要的生命保障系统。因此，国际上通常把森林、海洋和湿地并称为全球三大生态系统。一般来讲，湿地生态系统具有如下特征（江春波等，2007；吕宪国和刘晓辉，2008）：

（1）独特的自然环境。湿地表面长期或季节性处于过湿或积水状态，发育了水成或半水成土壤，生长了湿地植物。

（2）丰富的生物多样性。由于湿地是陆地与水体的过渡地带，因此它同时兼具丰富的陆生和水生动植物资源，形成了其他任何单一生态系统都无法比拟的独特生境。湿地具有复杂的动植物群落，对于保护物种、维持生物多样性具有难以替代的生态价值。

（3）高效的生产力。湿地生态系统与其他任何生态系统相比，初级生产力较高。据报道，湿地生态系统每年平均生产蛋白质 $9\text{g}/\text{m}^2$ ，是陆地生态系统的 3.5 倍。

（4）系统的多变性。湿地生态系统是水文、土壤、植物、气候等因素相互作用所形成的自然综合体。当这些因素受到自然或人为活动干扰时，都会或多或少地导致生态系统的变化。特别是水文状态的显著改变会直接影响生物群落结构，改变生态系统状态。当水量减少以至干涸时，湿地生态系统演变为陆地生态系统；当水量增加时，又会逐渐恢复为湿地生态系统。

（5）突出的综合效益。湿地具有综合效益，它既有调蓄洪水、涵养水源、调节气候、净化水质、保存物种、提供栖息地等众多生态功能，发挥着无可替代的生态效益；也为工业、农业、能源、医疗业等提供大量生产原料，产生直接的经济效益；同时，作为科学研究、教育基地和休闲娱乐的重要场所，具有显著的社会文化效益。

二、湿地生态系统组成与结构

根据生态学的定义，湿地生态系统是由湿地生物群落与无机环境相互作用而形成的统一整体。生态系统的基本组分通常包括非生物的物质与能量、生产者、消费者与分解者等。由于分解者消耗的物质通常直接或间接来自于生产者，因此有时也将分解者视为消费者。

在湿地生态系统中，非生物环境主要包括大气环境、水环境和土壤环境 3 个方面。独特的水文环境使得湿地生态系统既不同于排水良好的陆地生态系统，又不同于开放式的水生生态系统。湿地水文过程通过改变湿地的理化环境来影响湿地生态系统的类型、结构与功能，进而控制着湿地生态系统的形成与演化（章光新等，2008）。一般来

讲, 湿地至少具备以下 3 个环境特征之一 (贾忠华等, 2001): ① 至少间歇地具有适宜湿地植物生长的环境; ② 基层主要是未被排水的湿地土壤; ③ 若基层不是土壤, 则在每年生长期的一段时间内处于水饱和状态或被浅水所覆盖。

在湿地生态系统中, 生产者是指将无机物合成有机物的生物, 主要包括光合细菌、小型藻类和大型水生植物等。大型水生植物是指除小型藻类以外的所有水生类群, 包括非维管束植物、低级维管束植物和高级维管束植物, 这类植物的一部分或全部永久或至少一年中数月沉没于水中或漂浮在水面上。按生活型, 一般把大型水生植物分为湿生植物、挺水植物、浮叶植物、漂浮植物和沉水植物。在稳定的湖体中, 水生高等植物的分布规律是自沿岸带向深水区呈同心圆式的分布, 各种生活型带间是连续的, 从沿岸向湖心方向各生活型的位置依次为湿生植物、挺水植物、浮叶植物、沉水植物, 漂浮植物则分布其间。大型水生植物的植被结构比陆生植被简单, 一般各层片基本不重叠, 植物群丛基本为单优势群丛或两种共同优势群丛。植被类型分为湿生、挺水、根生浮叶、漂浮和沉水等类型。

浮游植物则是另一种重要的生产者, 在清水湿地中大型水生植物是主要生产者, 而在浊水湿地中浮游植物转化为主要生产者。

在湿地生态系统中, 消费者是指以其他动植物为食的各种动物, 主要包括浮游动物、底栖动物、鱼类、虾蟹类、爬行类、鸟类等。直接吃植物的动物是一级消费者, 如鲢鱼、草鱼等植食性鱼类; 以植食性动物为食的动物是二级或二级以上消费者, 如鳊鱼、鲮鱼、乌鳢等肉食性鱼类和部分水禽; 有些鱼类是杂食性的, 如各种鲤科鱼类, 它们吃水藻、水草, 也吃无脊椎动物。

在湿地生态系统中, 分解者 (氧化还原者) 是指将有机物分解为无机物的生物, 主要包括细菌、真菌和腐生动物等。分解者对于物质循环和能量流动具有非常重要的意义, 是生态系统不可缺少的一个组成成分。由于有机物分解是一个非常复杂的逐步降解过程, 除了细菌和真菌两类主要分解者外, 其他大小以动植物残体为食的各种动物也在物质分解过程中发挥着独特的作用。

湿地生态系统结构复杂, 随着时间 (或季节) 的不同, 会出现不同的生态景观类型, 包括水域景观、陆地景观、水陆交替的景观、不同生物类群组合的景观等。在空间上, 表现出水平分布上的水、陆及其植被的镶嵌性, 垂直分布上的深水、浅水、地面、空中的成层性等。同时, 湿地生态系统的营养结构也非常复杂, 湿地生态系统中的各种生物组分通过取食与被取食构成了复杂的食物链。一个湿地生态系统中常存在着许多条食物链, 由这些食物链彼此相互交错连接成的复杂营养关系称为食物网。食物网能直观地描述生态系统的营养结构, 是进一步研究生态系统功能的基础。一个复

杂的食物网是使生态系统保持稳定的重要条件。一般认为，食物网越复杂，生态系统抵抗外力干扰的能力就越强；食物网越简单，生态系统就越容易发生波动和毁灭（孙儒泳等，1993）。湿地生态系统通过食物链和食物网把生物与非生物、生产者与消费者、消费者与消费者连成一个整体，并以食物营养为纽带形成湿地生态系统基本的物质循环与能量流动（图 1.1）。

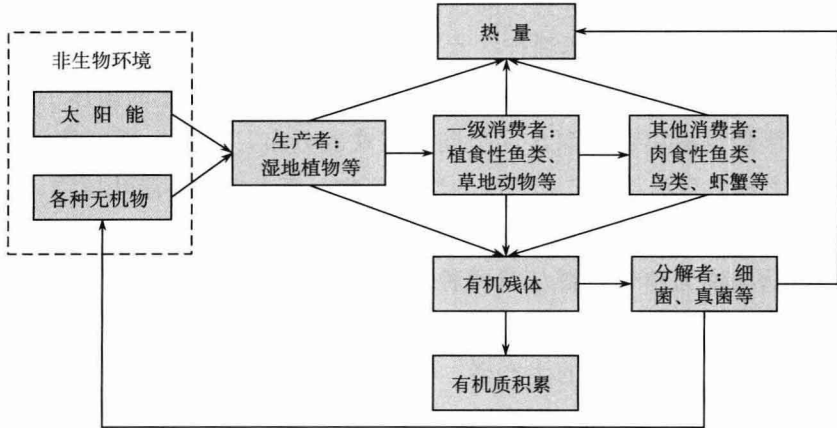


图 1.1 湿地生态系统的物质循环和能量流动

三、湿地生态系统服务功能^①

生态系统服务研究始于 20 世纪 70 年代，到了 90 年代，随着《自然的服务：人类社会对自然生态系统的依赖性》一书的出版和“世界生态服务和自然资本的价值”一文的发表，生态系统服务才得到广泛的认可和重视（Costanza et al., 1997; Daily, 1997）。由于生态系统服务的广泛性和多样性，人们对生态系统服务理解的深度和广度不同。目前，生态系统服务的定义和分类体系还不是非常明确和严密，千年生态系统评估（millennium ecosystem assessment, MA）综合了 Daily 和 Costanza 等的研究成果，将生态系统服务定义为人们从生态系统中所获得的利益（ecosystem services are the benefits people obtain from ecosystems），并按照功能的不同将生态系统服务分为供

^① 在本书中，“生态系统服务功能”、“生态服务”等中文术语所表达的意思基本上与“生态系统服务”（ecosystem service）一词相似。准确地说，生态系统功能（ecosystem function）才是提供生态系统服务的基础。湿地生态系统功能是指在湿地生态系统中发生的一般或特征化的自然过程。而湿地生态系统服务是功能所导致的对人类生存有益的结果，如较干净的水、较好的景观以及人类健康风险的减小等。

给服务、调节服务、文化服务和支持服务 (MA, 2003)。

虽然 MA 的生态系统服务分类还存在着一定的缺陷 (Wallace, 2007), 但它是目前最系统的分类体系。供给服务 (provisioning service) 是指从生态系统中获取的产品, 包括食物、纤维、淡水、燃料、基因资源、生化药剂、天然药物等; 调节服务 (regulating service) 是指从生态系统过程的调节作用中获得的利益, 包括空气质量调节、气候调节、水文调节、侵蚀控制、人类疾病控制、生物控制、授粉等; 文化服务 (cultural service) 是指人类通过丰富精神生活、发展认知、思考、娱乐和审美等活动从生态系统获得的非物质利益, 包括文化多样性、精神和宗教价值、教育功能、激励功能、社会关系、故土情、文化遗产、娱乐和生态旅游等。支持服务 (supporting service) 是其他各种生态系统服务的基础。其他各种服务对人类产生直接的和短期的影响, 而支持服务通过影响其他各种服务对人类产生间接的、长期的影响。例如, 人类并不直接利用形成土壤的服务, 但是土壤形成功能的变化通过影响供给服务中的食物生产功能将间接影响到人类。有些服务, 如侵蚀控制, 如果它对人类产生直接影响且影响是短期的, 则属于供给服务; 如果它对人类产生间接影响且影响是长期的, 那么就属于支持服务。支持服务包括初级生产、制造氧气、形成土壤和保持、养分循环、水循环和提供栖息地等。

根据 MA 的分类, 湿地生态系统的主要服务功能及其关系如图 1.2 所示。下面主要介绍一些重要的湿地生态系统服务功能。

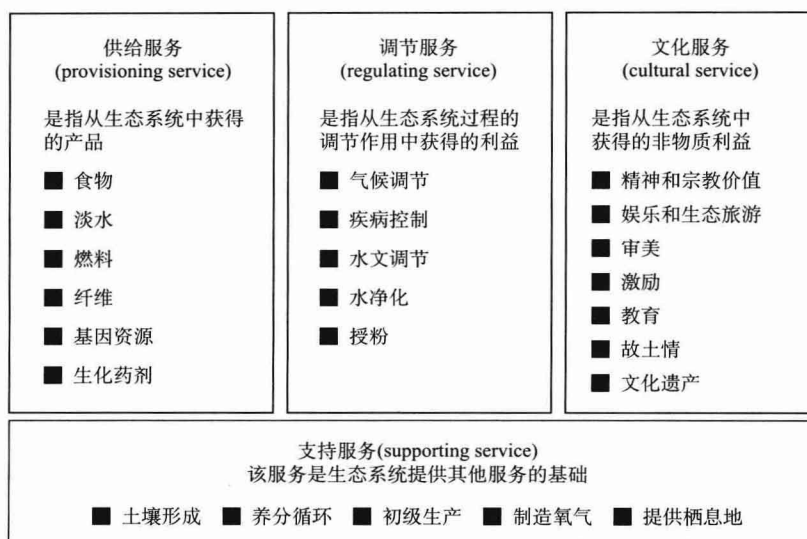


图 1.2 湿地生态系统服务功能及其分类

(1) 初级生产: 湿地接纳来自水陆和大气沉降的营养物质, 肥力好, 初级生产力高。据测算, 辽河口湿地芦苇群落初级生产力达 $8.3 \sim 20.0 \text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; 三江平原沼泽湿地植被初级生产力平均为 $3.74 \text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ (国志兴等, 2008)。全球沼泽生态系统的平均净初级生产力为 $200 \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ (干重), 湖河生态系统的平均净初级生产力为 $50 \text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ (干重) (Lieth and Whittaker, 1985)。湿地的次级生产力目前尚不十分清楚, 有待今后加强这方面的研究。

(2) 提供产品: 湿地生态系统能够为人类提供大量的农产品和原材料 (傅娇艳和丁振华, 2007)。这里的农产品是指大农业中的农产品, 包括种植业、林业、牧业和渔业等方面的产品。此外, 湿地特殊的生境使得大部分有机残体沉积于冷渍厌氧环境中形成泥炭或腐泥。泥炭或腐泥是宝贵的矿产资源, 在农业、工业、能源和环保等方面具有广阔的应用前景。

(3) 调节气候: 湿地是全球气候的“稳定器”, 它可以吸收和转换温室气体 CO_2 和 CH_4 , 对全球气候变化有重要影响 (孟宪民, 1999; 王毅勇等, 2003)。外来物质进入湿地后, 一部分在湿地土壤中沉积下来, 一部分成为生物生产的物质基础。其中, 泥炭湿地是陆地表面最大的碳储存库, 是 CO_2 、 NO_2 、 CH_4 等温室气体的最重要的汇, 对调节全球气候变化具有重要的作用 (刘兴土和吕宪国, 2004)。另外, 湿地还可以影响局地小气候。湿地一般有加大的水面或者较高的潜水位, 水分供应非常充足, 近岸区域湿地植物茂密, 水面蒸发和植物的蒸腾作用都很强烈, 使得湿地周围的局地气候比其他区域略微湿润。而且, 由于湿地中有大量的热容量较大的水, 夏季对周边地区有降温的作用, 冬季有增温的作用。

(4) 调蓄洪水, 涵养水源: 湿地是流域水资源和水循环的重要组成部分, 它可以调蓄洪水、涵养水源 (补充地下水), 其独特的水文功能对维持流域生态系统的健康具有十分重要的意义 (张明祥, 2008)。我国的降水季节和年际分配不均, 在洪水季节湿地可以起到容蓄洪水, 在干旱季节湿地又可以补给河川径流, 通过湿地的调节可以避免或弱化旱涝灾害。在各类湿地中, 河流、湖泊和沼泽的蓄水能力较强。此外, 湿地植物能够减轻或防止水流冲击堤岸, 起到护堤作用, 沿海红树林在这方面的作用尤为突出。

(5) 净化水质: 湿地生态系统通过物理、化学和生物过程的组合来实现降解污染物、净化水质的功能 (Moore, 2008)。对于湖泊湿地, 由于能够承纳大量的河水, 有着巨大的稀释作用; 同时, 河流入湖后流速骤减, 有利于水中悬浮物和溶解物的混合与沉积, 部分营养物、有害物质与沉积物结合起来沉降在水底, 使水体得到净化。另外, 湿地中的水生和湿生植物能够吸收或吸附水体或沉积物中的营养物、重金属元素以及其他的有害物质, 从而降解污染, 净化水质。因此, 湿地也被誉为大自然的“肾脏”。

(6) 固定碳和释放 O_2 : 湿地的植被在形成巨大的生物量的同时, 能起到固定并减少大气中的 CO_2 , 提供并增加大气中的 O_2 的作用。湿地中植物种类丰富, 植被茂密, 这些植物通过光合作用使无机碳 (大气中的 CO_2) 转变为有机碳, 湿地中含有大量未被分解的有机质, 是陆地上碳素积累速度最快的自然生态系统, 是 CO_2 的一个重要汇, 有助于缓和大气中的 CO_2 含量的增加, 有利于维持地球大气中的 CO_2 和 O_2 的动态平衡。

(7) 生物栖息地: 生物栖息地功能是指生态系统为野生动、植物提供生长栖息、繁衍、迁徙与越冬场所的功能。湿地的独特环境条件为大量的动植物 (包括一些珍稀濒危物种) 提供了良好的生长栖息地和丰富的食物资源, 使大量的动物和植物能够在湿地中正常生存和繁衍后代。湿地具有异质性的多种生态景观类型, 如深水、浅水、沼泽、泥滩、低位草滩、高位草滩等, 为众多的野生生物提供了生活场所。湿地土壤肥沃, 水分充足, 水下、水面、地上生长着种类繁多的适生植物; 深水、浅水、沼泽有鱼类、虾蟹类、瓣鳃类、两栖类等生长繁育, 以及大量的浮游生物、水生昆虫等; 草洲上有多种草地动物生存; 湿地适合众多鸟类生活, 如留鸟、游鸟、夏候鸟、冬候鸟等, 是许多珍稀水禽的越冬栖息地。鄱阳湖湿地还是珍稀水生动物——长江江豚的生活场所。正因为湿地为众多的野生生物提供了生活场所, 使湿地具有十分丰富的生物多样性, 是重要的物种基因库。

(8) 文化服务: 湿地生态系统拥有的多种功能与人类生存发展息息相关, 具有无法估量的经济价值。为了促进湿地生态系统的有效利用和保护, 湿地的形成、演化、分布、结构、功能及服务等为科研工作者提供了丰富多彩的研究课题。湿地作为一种水陆过渡的生态系统, 拥有独特的自然景观, 栖息着众多的观赏价值极高的动植物, 是人们垂钓、观光、赏花、踏青的最佳场所。同时, 不少湿地还包含了丰富的自然和历史文化遗产, 通过考察湿地有助于培养人们热爱自然、保护自然的情操 (傅娇艳和丁振华, 2007)。

第二节 湿地退化概念及原因

一、生态系统退化

所谓“退化”是指生态系统的组成、结构、动态及其对环境改善功能等方面与自然生态系统存在明显的差异。然而角度不同, 对退化生态系统的理解也不同, 因而出现了多种生态退化的概念或定义。有学者认为, 退化生态系统 (degraded ecosystem)

是指在自然干扰或人为干扰的作用下,原有生态系统的结构和功能发生了位移(displacement),位移的结果打破了原有生态系统平衡,使系统固有的功能遭到破坏或丧失,稳定性和生产力降低,抗逆能力减弱,这样的生态系统被称为退化生态系统,或称为受损生态系统(damaged ecosystem)。也有学者将退化生态系统简单归结为,在自然或人为干扰下形成的偏离自然状态的生态系统。

我国学者对生态退化认识也存在一定的分歧,具有代表性的有以下三类:第一类认为,生态退化是与生态进化相反的生态演替过程,是指在一定的时空背景下,在自然因素、人为因素或二者共同作用下,导致生态系统要素和生态系统发生不利于人类和生物生存的量变和质变的过程或结果。第二类将生态系统退化看做是一个系统在超载干扰下逆向演替的生态过程,在这一过程中,系统通过响应(结构和功能的不良变化)表达出丰富的内在退化信息。退化的关键是系统中的能动因子生物及其多样性的不良变化或丧失,其本质是系统结构被破坏后失衡导致的功能衰弱。这种看法是将生态退化看做动态过程,意在通过揭示这一过程及其特点,为退化生态系统的恢复重建寻找必要途径。第三类认识建立在可持续发展的角度,退化常常是相对于是否有利于人类和生物的正常生存以及可持续发展。人类和自然的双重原因使得环境的变化已确实影响到人类自身的生存和发展,人们也认识到人类、生物、环境相互依存的关系。一般地,当外界环境和条件尚不至于危及人类的生存和健康发展时,人们通常意识不到危险,便不会顾及自然生态系统的发展是否健康。随着科技迅速发展和人类的需求急剧增加,人类对自然的压力日益增大,生态系统提供的服务功能在压力下趋于减弱。此认识是将人类活动的干扰作为生态系统退化的一个重要因素,强调适宜修正人类的行为方式,通过人类的努力促使环境向着有利于人和生物的方向发展。

纵观以上三类对生态退化的认识,从生态演替角度来看,生态退化其实是一种自然和人为共同作用下的逆向演替过程,且在大多数情况下,这种逆向演替过程多受人类活动的影响,如砍伐、过度放牧、烧荒等,属于生态系统偏途演替(deflected succession)的范畴。在逆向演替过程中产生的退化生态系统实质上是生态系统的一种演替类型(succession type),其偏离了自然状态,在物种种类组成、群落或系统结构等方面发生了改变,与此同时,生物多样性减少、生物生产力降低、土壤和微环境恶化,生物间的关系也随之发生变化。

二、湿地退化

湿地退化是农田、森林、草地、荒漠等众多生态系统退化当中的一种,是自然与

人为因素共同作用下湿地生态系统的逆向演替过程，如图 1.3 所示（张晓龙，2005）。然而，由于湿地类型多样，一类湿地的逆向演替，是另一类湿地的正向演替，如湖泊湿地，湖泊沼泽化对于湖泊发育是逆向演替过程，对于湿地发育则是正向演替过程。其内涵是：湿地退化主要是自然或人类活动改变土地覆被/利用类型造成的，人类通过对地球表层的修改（modified）、改变（changed）和改造（transformed），正在显著地改变着湿地景观，使湿地系统处于一种不稳定或失衡状态，表现为系统对自然或人为的干扰只有较低的抗性、较弱的缓冲能力以及较强的敏感性和脆弱性。在此情形下，原有的生态系统会逐渐演变为另一种与之相适应的低水平状态下的系统，即退化湿地生态系统。一般，湿地退化首先表现为湿地生态系统原有组成成分和结构状态的衰退，接着是系统功能的降低，进而引起整个生物和环境的退化。因而，湿地的退化是一个复杂的过程，它不仅包括了湿地生物群落的退化、土壤的退化、水域的退化，而且包括了湿地环境各个要素在内的整个生境的退化。

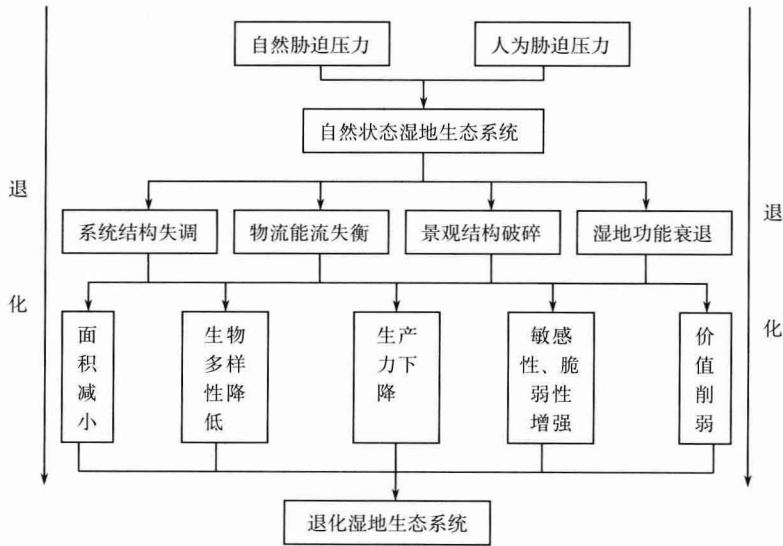


图 1.3 湿地退化过程分析

国内外具有代表性的湿地退化定义有以下 3 种：

(1) 美国 Minnehaha 流域管理委员会（Minnehaha Creek Watershed District Board）对湿地退化作出的定义：湿地退化是指由于排水、分水岭转移、物质填充、挖掘、污染物排放、植被破坏或邻近高地管理等人类活动的影响，使湿地的功能和价值变小的过程。

(2)《美国国家食品安全行动指南》对湿地退化作出的定义：湿地退化是人类活动的影响致使湿地的一种或多种功能减弱、受损或破坏。

(3)我国学者对湿地退化的定义：湿地退化主要是指由于自然环境的变化，或是人类活动对湿地自然资源过度的以及不合理的利用而造成的湿地生产潜力衰退、湿地资源逐渐丧失等一系列生态环境恶化的现象。

综合以上3种定义，国内外学者认识到，湿地退化是自然生态系统退化的重要组成部分，表现为湿地生态系统的功能、结构以及与湿地生态系统相联系的生境丧失和破坏。并且充分认识到湿地退化是一种动态的变化，实质是从一种状态向另一种状态转变的过程，因而退化湿地是湿地退化的结果。湿地退化的程度不同，湿地功能丧失的程度就不同，也会产生不同程度的退化湿地。湿地的退化一旦形成，要想恢复已遭破坏的生态环境和失调的生态平衡异常艰难。若要进行恢复，需花费大量的时间和资金。况且，有些退化过程不可逆转，这种退化不能进行恢复。

湿地退化最基本的诊断特征是湿地固有功能的破坏或丧失、系统的稳定性降低、生产力下降、抗逆能力减弱。相应地，湿地生态系统支持人类健康发展和维持生态环境有序演进的作用和能力也不断降低。

三、湿地退化标志

湿地生态系统退化是指湿地生态系统基本功能和生态服务功能总体或部分减弱，乃至丧失。由于生态系统的结构决定其基本功能，因此，湿地生态系统退化的标志可概括为3点。

1. 湿地组分结构、营养结构变化或破坏

湿地生态系统结构（组分结构、营养结构等）变化，如生物组分、不同物种或相同物种种群数量和结构变化等，导致原有生态平衡发生改变，当这种改变达到一定程度，致使生态系统结构破坏，湿地生态系统功能下降甚至丧失。例如，淡水湖泊湿地生态系统的稳态转换（刘鸿亮，2010），这种稳态转换是指其主要生物组分在生物、物理和化学驱动作用下发生转变的过程。浅水湖泊通常发生沉水植物占主要的草型稳态和浮游植物占主要的藻型稳态之间的转换，主要经历以下几个阶段：

草型清水恒稳态（群落结构多样性高，沉水植物占优势，初级生产力低，系统恢复力高，水体降解污染物能力强）→草藻共存稳态（营养物增加，初级生产力迅速上升，藻类生物量明显增加，群落结构多样性下降，系统恢复力仍然存在）→藻草共存

稳态（污水增加及大气沉降，沉水植物盖度连续下降，藻类水华严重发生）→浊水稳态（大量污水进入，沉水植物盖度几乎消失，水华藻类占绝对优势，生物多样性严重下降，系统生物完整性受损）→菌型黑水恒稳态（以异氧菌为主，细菌大量存在，无硅藻、绿藻、接合藻和高等植物，微型动物很少，几乎没有原生动物，底质产沼气）。

上述稳态转换过程，从草型稳态到菌型稳态，水生植物减少、藻类增加，直至藻华爆发，大量异氧菌产生，淡水湖泊湿地生态系统的生物组分结构、营养结构逐渐改变，直到破坏，标志着湖泊湿地生态功能退化过程，也就是湖泊富营养化的过程。湖泊富营养化使其生物生产、物质循环和能量循环均被破坏，湖泊生态系统的基本功能丧失。

2. 湿地空间结构变化或破坏

湿地空间结构的改变或破坏是指湿地被侵占、围垦、填埋，或者湿地水干枯或部分干枯等，导致湿地生态功能减弱或丧失。例如，湖泊、河流洪泛区的泥沙淤积、围垦、河流改道等。长江中下游原有各类湖泊、滩涂总面积约 3.5 万 km²，大致代表了季节性泛滥淹没区的大小。20 世纪 50~70 年代，在盲目单一农业经营思想的指导下，围垦进入一个剧烈的时期。不到 30 年的时间内，约有 1.2 万 km² 的各类天然湖泊滩地被围垦，占 40 年代末湖泊总面积的 34.2%。其中江汉湖泊群、洞庭湖群、鄱阳湖分别被围垦掉 43.6%、38.9%、20%。围垦导致大量中小湖泊和滩地等季节性淹没区丧失，降低了河流、湖泊湿地天然蓄洪作用。

3. 湿地水环境变化

湿地水环境变化主要表现在两个方面，一是湿地长时间水淹或水枯，使湿地生物，尤其是植物不能正常生长繁育，甚至使植物种群数量和结构发生变化，从而导致湿地生态系统功能下降。二是水质变化，水质变化可能是有毒、有害物质排入湿地，直接导致湿地生物死亡；也可能是水体物质组成变化，一些物质引起对其敏感的湿地生物生长受到抑制，一些物质，如营养盐等大量聚集，成为水体富营养化的因素之一。

四、湿地退化原因

湿地退化是生态环境脆弱性的具体表现，而脆弱性是生态环境的自然属性。一般来说，湿地生态系统受损、退化和丧失的主要间接驱动力为人口增长和经济发展加快，主要直接驱动力为围垦湿地用于农业、工业、交通、城镇用地；筑堤、开渠、分流等切断或改变了湿地的生态水文过程；建坝淹没湿地；过度刈割、燃烧或啃食湿地植物；