



“十二五”国家重点图书出版规划项目

洞庭湖生态经济区研究丛书

The Research Series of Dongting Lake
Ecological Economic Zone

Dongting Lake

洞庭湖生态系统 服务功能研究

赵运林 董萌 著



出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目

洞庭湖生态经济区研究丛书

The Research Series of Dongting Lake
Ecological Economic Zone

洞庭湖生态系统 服务功能研究

赵运林 董萌 著



湖南大学出版社

内 容 简 介

洞庭湖是我国第二大淡水湖,在国际湿地中占有重要地位。湖区生物多样性丰富,具有强大的产品生产与资源供给等生态服务功能。本书在大量研究和广泛借鉴国内外有关洞庭湖湿地研究成果的基础上,全面论述了洞庭湖生态系统服务功能的内容和内涵,重点探讨了其生态功能价值的外在体现形式及可持续发展模式;同时深入分析了影响洞庭湖生态系统服务功能的多方面因素,提出将生态补偿作为有效保障措施,并系统研究了洞庭湖生态补偿机制的构建方案。此外,本书还就提升洞庭湖生态系统服务功能的具体措施方面作了初步探讨。

图书在版编目(CIP)数据

洞庭湖生态系统服务功能研究/赵运林,董萌著. —长沙:湖南大学出版社,2014.12

(洞庭湖生态经济区研究丛书)

ISBN 978-7-5667-0766-6

I. ①洞… II. ①赵… ②董… III. ①洞庭湖—生态系统—服务功能—研究 IV. ①X321.264

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第300403号

洞庭湖生态系统服务功能研究

DONGTINGHU SHENGTAI XITONG FUWU GONGNENG YANJIU

作 者:赵运林 董 萌 著

策划编辑:刘 旺

责任编辑:肖立生 责任校对:全 健 责任印制:陈 燕

印 装:国防科技大学印刷厂

开 本:710×1000 16开 印张:9 字数:172千

版 次:2014年12月第1版 印次:2014年12月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5667-0766-6/F·382

定 价:36.00元

出 版 人:雷 鸣

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山 邮 编:410082

电 话:0731-88822559(发行部),88821594(编辑室),88821006(出版部)

传 真:0731-88649312(发行部),88822264(总编室)

网 址:<http://www.hnupress.com>

电子邮箱:pressxls@hnu.cn

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

洞庭湖生态经济区研究丛书

编辑委员会

顾 问

梅克保 王克英 吴向东

主 任

颜永盛

委 员

(以姓氏笔画为序)

刘 宏 刘茂松 李松龄

柳思维 蔡四桂

总 序

“洞庭湖研究丛书”是湖南省洞庭湖区域经济社会发展研究会的专家学者和实际工作者以洞庭湖区域经济、社会、文化发展为研究对象所取得的研究成果的结晶。“丛书”首卷于2011年问世，此后将陆续出版。它的出版，旨在为当政者提供决策参考，为后来者留下研究资料。

“洞庭天下水”，洞庭湖是世界知名的淡水湖，是湖南的母亲湖。它接纳四水，吞吐长江，通江达海，交通便捷。洞庭湖区物华天宝、人杰地灵、历史悠久、文化厚重。“湖广熟、天下足”，自古以来，它就以“鱼米之乡”誉满天下。新中国成立以后，八百里洞庭生机焕发，成为我国重要的粮、棉、麻、油、鱼、猪生产基地，为我国的粮食安全、水利安全、生态安全作出了巨大贡献，是湖南经济的重要支柱和最具活力的增长板块。面对经济全球化、信息化、工业化、后三峡时代和区域经济协调发展的新形势，洞庭湖区出现了许多新情况、新问题，面临着新的机遇和挑战。如何抓住机遇、迎接挑战、跨越发展，进一步发挥洞庭湖“生态之湖”“调蓄之湖”“富民之湖”的重大功能，是洞庭湖区人民的殷切期望，也是促进“长株潭”城市群两型社会和全面小康建设，加速中部崛起的客观要求。

2009年春，一批对湖区发展具有强烈使命感的专家学者和实际工作者，拟组建湖南省洞庭湖区域经济社会发展研究会，以便进一步系统深入地研究洞庭湖区域发展问题。在湖南省委、省政府的关心支持下，研究会于2009年12月24日正式成立。这是湖南省第一个以洞庭湖区域发展为研究对象的省级学术组织。

研究会成立以后，广大会员针对洞庭湖区域经济社会发展战略、发展规划、生态环保、水利交通、城乡统筹、产业升级、文化旅游、发展历史等重大

问题，广泛调查、深入研究、举办论坛、集思广益、百家争鸣，逐步取得了一些成果，催生了这套“丛书”。

“丛书”的编写力图站在历史的高度、时代的高度、科学的高度，坚持历史与现实、理论与实践、经济与文化、生态与发展、系统与开放的有机结合，面向实际，面向未来，着眼全局，博取众长，努力使之具有科学性、前瞻性、时代性、可行性，为洞庭湖区域又好又快发展提供理论依据和智力支持。

发展无止境，认识无终点。今天的研究仅为开篇破题之举、抛砖引玉之作。我们将与时俱进，探索不止。希望能有更多的有识之士来为洞庭湖区域经济社会发展献计献策、赐教赐稿，让洞庭湖区这颗祖国的中部明珠更加璀璨，让“洞庭湖研究丛书”这块理论园地百花齐放。寥寥数语，言不尽意，权当总序。

顏永戡

2011 年秋于长沙

（总序作者系湖南省人大常委会原副主任、湖南省洞庭湖区域经济社会发展研究会会长）

目次

01	绪论	001
1.1	湿地生态系统服务功能概述	001
1.2	湿地生态系统服务功能研究现状	009
1.3	湿地生态系统服务功能的恢复与保护	013
02	洞庭湖湿地生态系统服务功能的价值与评估	022
2.1	洞庭湖湿地生态系统服务功能的内容与价值	022
2.2	洞庭湖湿地生态系统服务功能的评估	028
2.3	洞庭湖湿地生态系统服务功能现状	042
2.4	洞庭湖湿地生态系统服务功能的影响因素	052
03	洞庭湖湿地生态系统服务功能的可持续发展	060
3.1	可持续发展的主体——湿地生物	060
3.2	可持续发展模式的探索	071
04	洞庭湖湿地生态系统服务功能的保障——生态补偿	080
4.1	生态系统服务功能与生态补偿的关系	080
4.2	洞庭湖湿地生态补偿制度的建立	084
05	三峡工程对洞庭湖湿地生态系统服务功能的影响	093
5.1	对洞庭湖湿地生态系统的影响	093
5.2	对洞庭湖湿地生态系统服务功能价值的影响	098

5.3 应对措施	100
06 洞庭湖湿地生态系统服务功能的保护与增强.....	107
6.1 保护的必要性、原则与任务	107
6.2 保护的基本措施——生态恢复	114
6.3 提升要点与增强措施	125
参考文献	129
后 记	133
编后记	135

1.1 湿地生态系统服务功能概述

1.1.1 湿地与湿地生态系统

地球上三大生态系统，即森林生态系统、海洋生态系统和湿地生态系统。其中森林生态系统被称为“地球之肺”，湿地生态系统则被称为“地球之肾”。

1.1.1.1 湿地的概念

(1) 湿地的广义概念

“湿地”，广义上讲，泛指暂时或长期覆盖水深不超过 2 m 的低地、土壤充水较多的草甸，以及低潮时水深不超过 6 m 的沿海地区，包括各种咸水或淡水沼泽地、湿草甸、湖泊、河流以及洪泛平原、河口三角洲、泥炭地、湖海滩涂、河边洼地或漫滩、湿草原等。按《国际湿地公约》定义，湿地系指天然或人工、长久或暂时之沼泽地、泥炭地或水域地带，带有静止或流动的，或为淡水、半咸水或咸水水体者，包括低潮时水深不超过 6 m 的水域，潮湿或浅积水地带发育成水生生物群和水成土的地理综合体，是陆地、流水、静水、河口和海洋系统中各种沼生、湿生区域的总称。湿地是地球上具有多种独特功能的生态系统，它不仅为人类提供大量食物、原料和水资源，而且在维持生态平衡、保持生物多样性和珍稀物种资源以及涵养水源、蓄洪防旱、降解污染、调节气候、补充地下水、控制土壤侵蚀等方面均起到重要作用。

(2) 湿地的狭义概念

由于湿地和水域、陆地之间没有明显边界，加上不同学科对湿地的研究重点不同，湿地的定义在发展上一直存在分歧。湿地（wetland）这一概念在狭义上一般被认为是陆地与水域之间的过渡地带；广义上则被定义为“包括沼

泽、滩涂、低潮时水深不超过 6 m 的浅海区、河流、湖泊、水库、稻田等”。《国际湿地公约》对湿地的定义是广义定义，这一定义包含狭义湿地的区域，有利于使狭义湿地及附近的水体、陆地形成一个整体，便于保护和管理。湿地的研究活动则往往采用狭义定义。美国鱼类和野生生物保护机构于 1979 年在《美国的湿地深水栖息地的分类》一文中，重新将湿地定义为“陆地和水域的交汇处，水位接近或处于地表面，或有浅层积水”，并指明其至少应具备以下特征之一：①至少周期性地以水生植物为植物优势种；②底层土主要是湿土；③在每年的生长季节，底层有时被水淹没。

另外还有一种湿地定义方式，认为湖泊与湿地以低水位时水深 2 米处为界，按照这个湿地定义，世界湿地可以分成二十多个类型，这个定义目前被许多国家的湿地研究者接受。湿地的水文条件是湿地属性的决定性因素。水的来源（如降水、地下水、潮汐、河流、湖泊等）、水深、水流方式以及淹水的持续期和频率决定了湿地的多样性。水对湿地土壤的发育有深刻的影响，湿地土壤通常被称为湿土或水成土（hydric soil）。

1.1.1.2 自然湿地

湿地的类型多种多样，通常分为自然湿地和人工湿地两大类。自然湿地包括沼泽地、泥炭地、湖泊、河流、海滩和盐沼等。人工湿地主要有水稻田、水库、池塘等。据资料统计，全世界共有自然湿地 855.8 万平方公里，占陆地面积的 6.4%。这些湿地类型包括：

①海域。潮下海域：低潮时水深不足 6 m 的永久性无植物生长的浅水水域，包括海湾和海峡；潮下水生植被层，包括各种海草和热带海洋草甸；珊瑚礁等。潮间海域：多岩石的海滩，包括礁崖和岩滩；碎石海滩；潮间无植被的泥沙和盐碱滩；潮间有植被的沉积滩，包括大陆架上的红树林等。

②河口。潮下河口：河口水域即河口永久性水域和三角洲河口系统。潮间河口：具有稀疏植物的潮间泥、沙或盐碱滩；潮间沼泽包括盐碱草甸、潮汐半盐水沼泽和淡水沼泽；潮间有林湿地包括红树林、聂帕榈和潮汐淡水沼泽林等。泻湖湿地：半咸至咸水湖，有一个或多个狭窄水道与海相通。盐湖（内陆排水区）：永久性和季节性的盐水或碱水湖泥滩和沼泽等。

③河流。永久性的河流：永久性的河流和溪流，包括瀑布、内陆三角洲等。暂时性的河流：季节性和间歇性流动的河流和溪流；河流洪泛平原，包括河滩、洪泛河谷和季节性泛洪草地等。

④湖泊。永久性的湖泊：永久性的淡水湖（8 km² 以上），包括遭季节性或间歇性淹没的湖滨；永久性的淡水池塘（8 km² 以上）。季节性的湖泊：季节性淡水湖（8 km² 以上），包括洪泛平原湖。

⑤人工水面。如水库、池塘、水稻田等属于广义湿地（得到湿地公约的认可）。

1.1.1.3 人工湿地

除了上面所述的自然湿地之外，近年来人工湿地受到越来越多的重视，其在生态服务中所起的作用也越来越大。人工湿地是一个综合的生态系统，它应用生态系统中物种共生、物质循环再生原理，结构与功能协调原则，在促进废水中污染物质良性循环的前提下，充分发挥资源的生产潜力，防止环境的再污染，获得污水处理与资源化的最佳效益。人工湿地处理系统具有缓冲容量大、处理效果好、工艺简单、投资少、运行费用低等特点，非常适合中、小城镇的污水处理。主要有以下几种形成类型：

①表面流人工湿地。表面流湿地与地表漫流土地处理系统非常相似，不同的是，在表面流湿地系统中，四周筑有一定高度的围墙，维持一定的水层深度（一般为10~30 cm），湿地中种植挺水植物（如芦苇）；向湿地表面布水，水流在湿地表面呈推流式前进，在流动过程中，与土壤、植物及植物根部的生物膜接触，通过物理、化学以及生物反应，污水得到净化，并在终端流出。

②潜流式人工合成湿地。人工湿地的核心技术是潜流式湿地。一般由两级湿地串联，处理单元并联组成。湿地中根据处理污染物的不同而填有不同介质，种植不同种类的净化植物。水通过基质、植物和微生物的物理、化学和生物途径共同完成系统净化，对BOD、COD、TSS、TP、TN、藻类、石油类等有显著的去除效果。该工艺流程主要包括内部构造系统、活性酶体介质系统、植物培植与搭配系统、布水与集水系统、防堵塞技术、冬季运行技术等。潜流式人工合成湿地的形式分为垂直流潜流式人工湿地和水平流潜流式人工湿地。利用湿地中不同流态特点净化进水，经过潜流式湿地净化后的河水可达到地表水Ⅲ类标准，再通过排水系统排放。

③沟渠型人工湿地。沟渠型湿地床包括植物系统、介质系统、收集系统。主要对雨水等面源污染进行收集处理，通过过滤、吸附、生化反应达到净化雨水及污水的目的，是小流域水质治理、保护的有效手段。

1.1.1.4 湿地的一般功能

从生态学和经济学的角度看，湿地具有特殊的生态功能和经济价值，它具有持续地为人类提供食物、原材料和水资源的潜力，并在防洪抗旱、保护生物多样性以及旅游休闲等方面发挥着重要作用，给人类带来了巨大的经济效益、生态效益和社会效益。综合来看，湿地发挥着以下十三个方面的功能：

①提供水源。湿地常常作为居民生活用水、工业生产用水和农业灌溉用水的水源。溪流、河流、池塘、湖泊中都有可以直接利用的水。其他湿地，如泥

炭地沼泽、森林可以成为浅水水井的水源。

②补充地下水。我们平时所用的水有很多是从地下开采出来的，而湿地可以为地下蓄水层补充水源。从湿地到蓄水层的水可以成为地下水系统的一部分，又可以为周围地区的工农业生产提供水源。如果湿地受到破坏或消失，就无法为地下蓄水层供水，地下水资源就会减少。

③调节流量，控制洪水。湿地是一个巨大的蓄水库，可以在暴雨和河流涨水期储存大量的降水，再均匀放出，减弱危害下游的洪水，因此保护湿地就是保护天然储水系统。

④保护堤岸，防风。湿地中生长着多种多样的植物，这些湿地植被可以抵御海浪、台风和风暴的冲击，防止其对海岸的侵蚀，同时它们的根系可以固定、稳定堤岸和海岸，保护沿海工农业生产。如果没有湿地，海岸和河流堤岸就会遭到水流的破坏。

⑤清除和转化毒物和杂质。湿地可减缓水流速度，当含有毒物和杂质（农药、生活污水和工业排放物）的水流经过湿地时，流速减慢，有利于毒物和杂质的沉淀和排除。此外，一些湿地植物，像芦苇、水浮莲等能有效地吸收有毒物质。在现实生活中，不少湿地可以用作小型生活污水处理地，这一过程能够提高水的质量，有益于人们的生活和生产。

⑥保留营养物质。流水流经湿地时，其中所含的营养成分被湿地植被吸收，或者积累在湿地泥层之中，净化了下游水源。湿地中的营养物质滋养了鱼虾、树林、野生动物和湿地农作物。

⑦防止盐水入侵。沼泽、河流、小溪等湿地向外流出的淡水限制了海水的回灌，沿岸植被也有助于防止潮水流入河流。如果过多抽取或排干湿地、破坏植被，淡水流量就会减少，海水会大量入侵河流，影响人们生活、工农业生产及生态系统的淡水供应。

⑧提供可利用的资源。湿地可以给我们多种多样的产物，包括木材、药材、动物皮革、肉蛋、鱼虾、牧草、水果、芦苇等，还可以提供水电、泥炭、薪柴等多种资源。

⑨保持小气候。湿地可以影响小气候。湿地水分通过蒸发成为水蒸气，然后又以降水的形式降到周围地区，保持当地的湿度和降雨量，有利于当地人民的生活和工农业生产。

⑩野生动物的栖息地。湿地是鸟类、鱼类、两栖动物栖息、繁殖、越冬的场所，其中有许多珍稀、濒危物种。

⑪航运。湿地的开阔水域为航运提供了条件，具有重要的航运价值，沿海沿江地区经济的迅速发展主要依赖于此。

⑫旅游休闲。湿地具有自然观光、旅游、娱乐等美学方面的功能，蕴涵着丰富秀丽的自然风光，是人们观光旅游的好地方。

⑬教育和科研价值。复杂的湿地生态系统、丰富的动植物群落、珍贵的濒危物种等，在自然科学教育和研究中都具有十分重要的作用。有些湿地还保留了具有宝贵历史价值的文化遗址，是历史文化研究的重要场所。

1.1.2 湿地生态系统服务功能的内涵

1.1.2.1 生态系统服务功能的基本概念

由于研究历史较短，目前还没有形成关于生态系统服务、功能和价值的统一认识。国外学者 Daily 把生态系统服务定义为自然生态系统及其物种所提供的能够满足和维持人类生活需要的条件和过程。国内有学者提出，生态系统服务功能是生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用，即通过生态系统的功能直接或间接得到的产品和服务，包括提供人类生活必需用品和保证人类生活质量的功能。由此可见，湿地生态系统服务是湿地生态系统所提供的能够满足人类生活需要的条件和过程，即湿地生态系统发生的各种物理、化学和生物过程为人类提供的各项服务。它的功能是湿地生态系统所形成的环境结构和效用，而湿地生态经济价值评价是基于湿地生态系统提供的服务，运用评价方法将抽象的服务转化为人们能感知的货币，直观地反映湿地各项服务所创造价值的评判过程。湿地的“功能”强调的是过程，是提供服务的基础和前提，“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，它突出了人的需要，而湿地的“价值”是严格的经济学术语，是人类对其服务支付意愿的货币表达。

综上，生态系统服务功能的概念可简单定义为：是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境与效用，包括对人类生存及生活质量有贡献的生态系统产品和生态系统功能。生态系统服务功能及其价值评估研究对于促进生态系统可持续管理具有重要作用。

1.1.2.2 生态系统服务功能的研究历史

人类对生态系统服务功能及其经济评价的研究始于 20 世纪 60 年代中期，并逐渐发展成为生态学与生态经济学的重要分支。国外研究人员 Daily 所领导的研究小组于 1997 年出版了 *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystem*，首次全面介绍了生态系统服务功能的概念、内涵、价值评估原则方法和实例研究。Costanza 等学者研究了生物多样性与生态系统服务功能的关系，并对全球生态系统的经济价值进行了初步评估。在此基础上，许多学者对湿地生态系统进行了拓展性研究，成立了全球湿地经济网络（GWEN），并

多次召开国际会议。2000 年, *Ecological Economics* 杂志以专辑形式出版了有关湿地生态系统服务价值评价研究的最新成果。考虑到诸多市场和社会因素, 以及评价方法的影响, 当前对有效性评价的探讨也日渐深入。有学者对不同评价方法进行了分类和比较, 建立了各项服务与评价方法的对应等级; 另有研究者应用市场价格模型对生态系统进行了评价, 例如 Asafuv Adjaye 等在考虑市场边际成本基础上用资源地评价方法计算了资源价值。相对于欧美等国, 我国对湿地评价的研究起步虽晚, 但也取得了一些成果。如陈仲新等学者较为完整地探讨了中国生态系统效益的价值, 欧阳志云等人系统探索了中国陆地生态系统服务功能的价值, 另有学者则对某一地区或某一类型生态系统的服务功能价值进行了研究。这些研究成果大大充实和提高了我国在湿地生态学领域的研究成果和水平。

1. 1. 2. 3 湿地生态系统服务功能的内容

湿地生态系统服务功能与前面所述的湿地功能在内容上有许多相同或相似之处, 前者强调了湿地在整个环境系统和人类生产中所发挥的生态效益和效能。结合我国湿地研究现状和实际情况, 湿地生态系统服务功能的具体内容可以从下面几个方面陈述:

①调节径流, 控制洪水。湿地能将过量的水分储存起来并缓慢地释放, 而将水分在时间上和空间上进行再分配。过量的水分, 如洪水, 被贮存在土壤(泥炭地)中或以地表水的形式(湖泊、沼泽等)保存着, 从而减少下游的洪水量。湿地对河川径流可起到重要的调节作用, 可以削减洪峰, 均化洪水。据研究, 沼泽对洪水的调节系数与湖泊相近。沼泽土壤具有巨大的持水能力, 因此被称为“水物蓄水库”。据在三江平原的实验, 沼泽和沼泽化土壤的草根层和泥炭层的持水能力巨大, 泥炭层的空隙度达 72%~93%, 最大持水量 400%~600%, 饱和持水量在 500%~800%, 最高可达 900%; 草根层持水量一般在 300%~800%。沼泽径流系数小于耕地, 一次性降水产生的流量, 沼泽明显小于耕地, 沼泽地开垦后饱和持水量呈明显下降趋势, 草甸沼泽土 0~16 cm 层年下降速率为 6.22%。湿地既可作为表面径流的接收系统, 也可以是一些河流的发源地, 地表径流源于湿地而流入下游系统, 这些湿地通常是下游河流重要的水量调节器。控制洪水的能力因湿地的类型而异, 已经水饱和的河边湿地不能蓄水, 所以雨水和上游来水经过这里直接流入河中, 这个区域为过渡区域, 使河水流量加大。与此相反, 洪泛平原在洪水期可以储存大量洪水, 从而削减洪峰高度减少下游洪水风险。长江沿岸 1954 年的特大洪水, 最大来水量 $4.85 \times 10^4 \text{ m}^3$, 而最大出水量仅 $2.24 \times 10^4 \text{ m}^3$, 削减率达 53%。湿地植被也可减慢洪水流速, 从而进一步减少洪水的危害。

②供水功能。湿地常作为居民生活用水、工业用水和农业用水的水源。如河流、水库、溪流、湖泊等可直接被利用，而泥炭沼泽地常作为浅水水井的水源。由于湿地所处地势不同，一块湿地有可能成为另一块湿地的供给水源地。一块湿地为另一块湿地提供水源的过程和功能是很重要的，如湘、资、沅、澧四水上游的河流和湖库，其入湖水量的多少直接关系到洞庭湖的水位。当水由湿地渗入或流到地下蓄水系统时，蓄水层的水就得到了补充，湿地则作为补给地下水蓄水层的水源。从湿地流入蓄水层的水随后可成为浅水层地下水系统的一部分，因而得以保持。浅水层地下水可为周围维持供水水位，或最终流入深层地下水系统成为长期水源。湿地水源补充地下水，对于依赖中/深度水井作为水源的社区和工农业生产来说很有价值。

③滞留与降解污染物，净化水质。湿地被誉为“地球之肾”，是因其具有减少环境污染的作用。当水体流经湿地时因水生植物的阻挡作用，缓慢的水体有利于颗粒物的沉积，许多污染物质吸附在沉积物表面，随同沉积物而积累起来，从而有助于污染物储存、转化。一些湿地的水生植物如挺水、浮水和沉水植物，所富集的重金属浓度比周围水体高出 10 万倍以上。水浮莲、香蒲和芦苇等都已成功地被用来处理污水，其中芦苇对水体中污染物质的吸收、代谢、分解、积累和减轻水体富营养化等具有显著效果，尤其对大肠杆菌、酚、氯化物、有机氯、磷酸盐、高分子物质、重金属盐类悬浮物等的净化作用尤为明显。国外自 20 世纪 60 年代以来，就对苇塘的生态效应展开研究。我国学者通过测定太湖湿地中的芦苇根茎，发现“六六六”和“DDT”含量为水体含量的 125 和 2 933 倍；另有学者研究表明，在镉含量为 3 mmol/L 的污水中，芦苇幼苗没有表现出明显受害症状，故芦苇对处理镉含量较高的工业污水具有很大的应用价值。在人工芦苇湿地中，芦苇对 BOD、COD、TN、TP 平均去除率分别为 85.72%、76.36%、49.34%、29.39%。有学者在芦苇根孔净化污水的研究中发现，污水经过土层一定时间处理后，得到了净化，其中对 TP 的净化能力最大，达到 85.8%~92.4%，TN 为 41.3%~43.5%，COD 为 29.8%~54.1%。根据在黑龙江省七星河流域芦苇田的实验，芦苇田对 As 的净化能力为 96.06%，Fe 为 94.64%，Mn 为 94.54%，Pb 为 80.18%，Be 和 Cd 为 100%。以上结果表明，芦苇湿地系统对净化湖泊、水库的水质具有非常重要的作用。但湿地吸纳沉积物、营养物和有毒物质的能力是有限度的，不能仅仅依靠湿地来缓解过量的沉积物、营养物和有毒物质的污染，而要改变流域内土地利用方式，减少污染物向湿地的排放。

④丰富生物多样性。中国幅员辽阔、自然条件复杂，导致湿地生态系统多种多样。湿地景观的高度异质性为众多野生动植物栖息、繁衍提供了基地，因

而在保护生物多样性方面有极其重要的价值。据统计,中国湿地已知高等植物 825 种(其中被子植物 639 种),鸟类 300 种,鱼类 1 040 种,分别占已知生物种数的 2.8% (2.6%)、26.1%和 37.1%。独特的湿地生境在物种基因库保护方面有着巨大的经济价值。袁隆平利用海南实地的野生稻 (*Oryza rufipogon*) 雄性不育系培育成水稻三系(不育系、保持系、恢复系),使水稻产量成倍增加,同时大大降低了制种成本,开创了大面积种植杂交水稻的新局面。我国目前 6 个省区分布有野生水稻,其遗传多样性非常丰富,为水稻进一步杂交育种提供了宝贵的基因资源。中国湿地还养育着许多野生物种,从中可培育出数个商业性品种,给我们带来更大的经济价值。

⑤调节气候,改善大气质量。湿地调节气候功能包括通过湿地及湿地植物的水分循环和大气成分的改变调节局部地区的温度、湿度和降水状况,调节区域内的风、温度、湿度等气候要素,从而减轻干旱、风沙、冻灾、土壤沙化过程,防止土壤养分流失,改善土壤状况。如果湿地上游水土流失严重,则会导致集水区沉积物的增加,致使湿地的蓄水量和湿地面积减少,而且还可导致湿地吸纳沉积物的能力大幅降低,从而造成湿地调节气候的能力下降。芦苇是湿地主要的植物资源,素有“第二森林”之美称。芦苇根系从土壤吸收大量水分后,大部分通过茎叶的气孔以水汽的形态逸入大气中。其蒸腾系数为 637~862,即生产 1 t 芦苇要蒸腾 70 t 左右的水分。这一生物调节作用能有效地净化空气,润泽一方水土。芦苇不但能够湿润空气,而且能够通过光合作用吸收空气中大量的 CO_2 。湿地土壤温度低、湿度大,微生物活动弱,植物残体分解缓慢,土壤呼吸释放 CO_2 速率低,易形成碳积累。湿地排水后,进行各种方式的开发利用,湿地分解加快,对 CO_2 浓度水平可能有潜在的影响。有学者提出,若将全球的沼泽地全部排干,碳的释放量相当于森林砍伐和化石燃料燃烧排放量的 35%~50%。由此可见,芦苇湿地能够大大缓解湿地排放温室气体对环境的破坏。

⑥保障区域生态安全。湿地生态系统是陆地生态系统与水域生态系统相互作用的界面,是陆地生态系统与水域生态系统相互连接的纽带。湿地生态系统的健康状态与相连接的陆地生态系统、水域生态系统的健康状态密切相关,同时又影响着陆地生态系统、水域生态系统的健康。湿地是陆地系统和开敞水面生态系统之间的过渡地带,处在这个过渡位置,湿地对自身水分贮存和运动的正常模式变化尤其敏感,也就是说,湿地对其水文变化敏感。水文条件能直接修改或改变湿地的物化特征,如营养物质有效性、下层土缺氧程度、土壤盐度、沉淀物性质和 pH 值等。水分输入是湿地的一个主要营养源,水分输出也常从湿地中带走生物和非生物物质,物化环境的改变反过来直接影响湿地中生

物的响应,当湿地水文条件改变时,即使是细微变化,也会引起生物区系在物种丰富度和生态系统生产力方面很大的变化。湿地面积大小与当地生态安全关系极为密切,当一个流域或区域湿地面积超过一定阈值时,或者湿地景观格局发生明显变化时,会给该流域或区域物质循环、能量流动带来明显影响,进而影响区域或流域的生态安全。另外,湿地生态系统还有许多其他重要功能,如防风护岸、储存古环境信息、生态美化、教科研价值等,这都需要对不同地区、不同类型湿地给予定量解释。

1.1.2.4 湿地生态系统的核心服务功能、理论服务价值与现实服务价值

对一个湿地区域来讲,湿地生态系统为人类提供的不同服务功能,对该湿地区域的人类生存及生活质量的贡献是有等级的。如干旱区域湖泊生态系统的水分供给功能可能比其他服务功能相对更重要,而湿地自然保护区生态系统的生物多样性保育功能可能比其他服务功能更为重要。也就是说,不同湿地区域生态系统服务功能是有等级的,我们将研究湿地区域内能显著促进人类生存及生活质量、对区域可持续发展更为重要的服务功能称为“核心”服务功能。在对湿地生态系统服务功能的价值评估中,“核心”服务功能的价值评估应作为重点。以一个湿地区域理论上可以达到的生态系统的完整结构和功能为标准,其所能提供的生态系统服务价值称之为“理论”服务价值;对应地,现实情况下该湿地生态系统所提供的服务价值称为“现实”服务价值。比较湿地生态系统服务的理论价值与现实价值,可在一定程度上诊断该湿地生态系统的退化程度。同时,理论服务价值可作为湿地区域生态恢复和重建的目标。

1.2 湿地生态系统服务功能研究现状

1.2.1 研究方法及应用

1.2.1.1 能值分析法及其应用

能值分析法是20世纪80年代著名生态学家H. T. Odum为首创立的。用生态系统的产品或服务在形成过程中直接或间接消耗的太阳能焦耳总量表示其价值,资源、商品、劳务等都可以用能值衡量其真实价值。能值方法使不同类型的能量可以转换为同一标准,从而可以进行定量比较。把生态系统与人类社会经济系统统一起来,有助于调整生态环境与经济发展的关系,为人类认识世界提供一个重要的度量标准。其局限性在于产品的能值转换率计算,须对生产该产品的系统作能值分析,用系统消耗的太阳能值总量除以产品的能量而求得,这种分析非常复杂,要做到数据准确难度很大;另外,能值反映的是物质