

湿地景观演变 及其对保护区景观结构与功能的影响

◎ 孙贤斌 著



中国科学技术大学出版社

湿地景观演变 及其对保护区景观结构与功能的影响

◎ 孙贤斌 著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书综合运用景观生态学、地理学等多学科理论,应用遥感、GIS 以及地统计分析和模型方法,系统研究滨海湿地景观 20 年来时空演变过程及其对保护区景观结构和重要生态功能的影响,重点揭示保护区周边区域人类干扰对保护区内湿地景观结构和功能的影响,并从生态过程和功能的角度,提出有利于保护区湿地功能保护的景观格局优化途径和管理策略,为实现保护区可持续发展提供科学依据。

本书将景观生态学理论、地学研究方法和案例相结合,具有实际应用性。本书可供从事地学、景观生态学、资源与环境科学等领域的科研人员 and 高等院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

湿地景观演变及其对保护区景观结构与功能的影响/孙贤斌著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013. 3

ISBN 978-7-312-03135-9

I. 湿… II. 孙… III. 沼泽化地—景观—研究 IV. P941. 78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 292274 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址:<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 中国科学技术大学印刷厂

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710mm×1000mm 1/16

印张 11.75

字数 236 千

版次 2013 年 3 月第 1 版

印次 2013 年 3 月第 1 次印刷

定价 38.00 元

前言

湿地是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一。在世界自然保护联盟(IUCN)、联合国环境规划署(UNEP)和世界自然基金会(WWF)编制的《世界自然保护大纲》中,湿地与森林、海洋一起并称为全球三大生态系统类型。湿地的一些关键功能对许多地区的可持续发展不可缺少。但是,世界范围内对湿地的不合理开发利用,使湿地面积大量减少,生物多样性快速下降。这一现状已经广泛引起各国政府和学术界的高度关注,湿地保护与合理利用成为研究的热点领域。我国是世界上湿地类型多、面积大、分布广的国家之一,湿地总面积居亚洲第一位、世界第四位。湿地具有巨大的生态、经济和社会效益以及多种生态功能。我国已于1992年正式加入《湿地公约》,将“湿地的保护与合理利用”列入《中国21世纪议程》的优先发展领域,由国务院17个部委合作编制了《中国湿地保护行动计划》,促进我国湿地保护,发挥湿地的综合效益,保证湿地资源环境持续利用,是我国湿地保护和合理利用的总目标。

江苏盐城滨海区域是全球环境基金(GEF)和联合国开发计划署(UNDP)援助的我国四个湿地保护区中唯一的海岸滩涂湿地,具有全球性重要意义。由于人类农、林、牧、副、渔、盐等多种经营的综合土地开发利用,导致区域景观发生剧烈变化,保护区生态环境保护功能受到严重威胁。盐城滨海湿地是我国重要的珍稀鸟类及其生态环境自然保护区。近年来,滨海地带社会经济发展与生态环境保护之间的矛盾日趋突出。在此背景下,从景观尺度开展滨海湿地变化及其对保护区景观结构与功能影响的研究,对江苏海岸带的生态环境保护,协调生态与社会经济发展具有重要的理论和现实意义。

本书选择盐城滨海湿地及保护区为研究区域,综合运用景观生态学、地理学等多学科理论,应用遥感、GIS以及地统计分析和模型方法,系统研究滨海湿地景观20年来时空演变过程及其对保护区景观结构和重要生态功能的影响,重点揭示保护区周边区域人类干扰对保护区内湿地景观结构和功能的影响,并从生态过程和



功能的角度,提出有利于保护区湿地功能保护的景观格局优化途径和管理策略,为实现保护区可持续发展提供科学依据。

本书通过对滨海湿地景观演变及其对保护区的影响的研究,为我国湿地景观保护、开发利用研究及保护区设计提供新的研究方法和思路,进而为湿地保护和恢复提供理论支持。

本书是作者多年的科研积累,也是作者本人参与导师刘红玉老师多项课题的研究内容,本书的选题、研究思路的确立、书稿的修改和定稿,都得到了导师耐心的指导。此外,作者在写作过程中还得到课题组王国祥教授、钱谊教授、黄家柱教授、林振山教授等多位老师的帮助和鼓励。李玉凤博士、郝敬锋博士、朱丽娟硕士在遥感图像解译和数据处理方面做了大量工作。盐城自然保护区的吕士成工程师、王会科长等人在盐城遥感图像解译野外验证、丹顶鹤生境调查等诸多方面也给予了帮助。封面图片由中国科学技术大学生命科学学院曹垒教授提供。谨此向他们表示真诚的谢意!

由于作者水平有限,难免有不足之处,敬请读者批评指正。希望本书的出版能为相关专业读者的学习提供一些帮助和思考。

本书的出版得到了安徽省人文地理学重点学科建设项目的支持和帮助,在此表示感谢。

孙贤斌

2012年12月

目 录

前言	(i)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.1.1 研究的理由和意义	(1)
1.1.2 研究区确定的理由和意义	(2)
1.2 国内外研究进展	(3)
1.2.1 国外滨海湿地研究进展和现状	(3)
1.2.2 国内滨海湿地研究进展和现状	(4)
1.2.3 景观时空演变(动态)及模拟研究进展	(7)
1.2.4 自然保护区及其景观变化研究进展	(9)
1.3 研究问题的提出	(10)
1.4 研究目标和研究内容	(11)
1.4.1 研究目标	(11)
1.4.2 研究内容	(12)
1.5 研究方法、技术路线和创新	(12)
1.5.1 研究方法	(12)
1.5.2 研究技术路线	(13)
1.5.3 研究创新	(14)
1.6 本章小结	(14)
第 2 章 研究区域概况	(15)
2.1 研究区域范围界定	(15)
2.1.1 盐城滨海湿地研究范围界定	(15)
2.1.2 盐城保护区研究范围界定	(17)
2.2 研究区域自然环境概况	(18)
2.2.1 地质地貌条件	(18)
2.2.2 水文条件	(19)
2.2.3 土壤条件	(19)
2.2.4 气候条件	(20)



2.2.5 自然资源状况	(20)
2.3 研究区域社会经济概况	(20)
2.4 本章小结	(21)
第 3 章 研究方法概述	(22)
3.1 研究数据来源	(22)
3.2 研究区域数据处理和精度检验	(22)
3.2.1 1987 年相关图件处理	(23)
3.2.2 遥感数据处理	(23)
3.2.3 野外遥感数据精度检验	(23)
3.3 盐城海岸湿地景观分类系统建立	(25)
3.4 确定湿地景观研究尺度	(26)
3.4.1 景观格局变化适宜尺度的选择依据	(27)
3.4.2 景观尺度的选择方法	(27)
3.4.3 选择景观尺度(栅格)的依据指标	(27)
3.4.4 景观尺度数据处理及其结果	(28)
3.5 本章小结	(30)
第 4 章 江苏盐城湿地景观时空演变特征分析	(31)
4.1 斑块尺度湿地景观变化	(31)
4.1.1 研究指标选择	(32)
4.1.2 结果分析	(32)
4.2 类型尺度湿地景观变化	(35)
4.2.1 指标选择	(35)
4.2.2 结果分析	(37)
4.3 湿地景观总体结构特征及其变化	(42)
4.3.1 指标选择	(42)
4.3.2 结果分析	(43)
4.4 本章小结	(45)
第 5 章 盐城保护区湿地景观结构特征及趋势分析	(46)
5.1 保护区功能区景观结构特征及其时间变化	(46)
5.1.1 保护区景观结构特征	(46)
5.1.2 核心区湿地景观变化	(46)
5.1.3 缓冲区湿地景观变化	(49)
5.1.4 实验区湿地景观变化	(52)
5.2 保护区景观要素连通性时空变化	(54)

5.2.1	保护区景观要素变化研究指标选取	(54)
5.2.2	景观要素空间变化过程	(55)
5.3	核心区湿地景观变化模拟预测	(56)
5.3.1	景观模拟方法	(56)
5.3.2	基于 GIS 和 Markov-CA 模型的核心区湿地景观演变趋势模拟	(62)
5.4	本章小结	(72)
第 6 章	盐城湿地景观变化对保护区景观结构的影响	(74)
6.1	盐城湿地景观结构变化的土地利用影响	(74)
6.1.1	分析方法	(74)
6.1.2	结果分析	(75)
6.2	盐城湿地景观变化的社会经济影响	(87)
6.2.1	分析方法	(87)
6.2.2	结果分析	(87)
6.3	盐城湿地景观变化对保护区景观结构的影响	(98)
6.3.1	分析方法	(98)
6.3.2	结果分析	(100)
6.4	本章小结	(109)
第 7 章	盐城湿地景观变化对保护区景观功能的影响	(111)
7.1	丹顶鹤适宜性生境及其时空变化分析	(111)
7.1.1	分析方法	(111)
7.1.2	结果分析	(114)
7.2	滨海湿地景观变化对保护区丹顶鹤生境功能影响	(121)
7.2.1	分析方法	(121)
7.2.2	结果分析	(121)
7.3	本章小结	(128)
第 8 章	盐城滨海湿地景观格局优化与保护对策	(130)
8.1	盐城滨海湿地景观格局优化	(130)
8.1.1	分析方法	(130)
8.1.2	结果分析	(132)
8.2	保护区景观结构设计与丹顶鹤保护	(136)
8.2.1	核心区和缓冲区景观设计	(136)
8.2.2	实验区设计	(137)
8.2.3	保护区关键生态点(区域)保护	(138)



8.2.4 保护区廊道设计	(139)
8.3 滨海湿地开发与保护策略	(140)
8.3.1 存在的问题	(140)
8.3.2 景观生态建设坚持的原则	(140)
8.3.3 滨海湿地资源开发和保护对策	(141)
8.4 本章小结	(144)
第9章 结论和展望	(146)
9.1 研究结论	(146)
9.1.1 滨海湿地景观结构时空演变特征	(146)
9.1.2 保护区景观结构和变化趋势	(147)
9.1.3 滨海湿地景观变化对保护区景观结构的影响	(148)
9.1.4 景观结构变化对保护区景观功能的影响	(149)
9.1.5 滨海湿地景观格局优化和保护区设计	(150)
9.2 研究创新点	(152)
9.3 研究展望	(152)
第10章 安徽省湿地资源现状、特点及研究展望	(154)
10.1 安徽省湿地资源现状、特点	(154)
10.1.1 安徽省湿地概况	(154)
10.1.2 安徽省湿地资源特点	(154)
10.1.3 安徽省湿地生态环境问题	(156)
10.2 安徽省湿地研究进展	(158)
10.2.1 湿地资源调查和分类	(158)
10.2.2 湿地生物多样性	(158)
10.2.3 湿地资源保护和利用	(159)
10.2.4 湿地生态环境和景观演变	(160)
10.2.5 湿地生态旅游	(160)
10.3 安徽省湿地资源保护及研究展望	(160)
10.3.1 湿地资源保护与可持续利用对策	(160)
10.3.2 安徽省湿地研究展望	(162)
参考文献	(165)

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 研究的理由和意义

滨海湿地是海陆交界处或水陆交界带,属于生态环境脆弱带的一种类型。自 20 世纪 60 年代以来,滨海湿地生态环境脆弱带的研究日益受到重视,在国际生物圈计划(IBP)、“人与生物圈”计划(MAB)、“地圈—生物圈”计划(IGBP)中都明确地把脆弱带的问题提上了研究日程。

滨海湿地是海岸带主要组成部分,也是地球上最活跃、最敏感并与全球变化联系最紧密、最复杂的一个系统。当代海岸带的新概念以陆海相互作用为其基本特征,在 1990 年之前,全球以海岸带地学特色等为出发点的地圈系统研究是“海岸带陆海相互作用”的主要工作内容。1990 年之后,为了集中研究陆地、海洋、大气相互作用等内容,地球系统由国际“地圈—生物圈”计划提出关于“海岸带陆海相互作用”(LOICZ)研究计划,该计划是国际“地圈—生物圈”计划的第六个核心计划。1995 年该计划的执行使全球滨海地圈系统研究工作重点转移到海岸带陆海相互作用上来。海岸带是全球变化研究的关键地区和过渡带,是海陆气相互作用的重要界面和全球变化研究最有效的区域。在近几年中,LOICZ 成为海岸带研究的热点以及全球变化研究中的前沿。由于陆海相互作用研究与经济发展以及人类生存密切相关,因而 LOICZ 计划提出后得到各国地迅速响应。如美国和欧共体国家分别制定陆海相互作用的研究方向和计划。其重点研究领域为:近海在全球变化中的作用,人类活动对近海的影响,社会经济发展和近海资源利用等。海岸带陆海相互作用研究既处于相关学科领域发展的前缘,又是众多学科的交叉点,在学科发展和近海持续开发发展上都具有重要意义。在 LOICZ 计划提出后,我国制定了中国陆海相互作用研究计划,而且又将此研究列为我国海洋科学近中期的主攻方向和重点之一,并将此研究列为国家重点计划优先资助领域。

滨海湿地与人类关系密切。在全球海岸线上,聚集了异常丰富的资源。在滨



海生态系统 60 km 范围内聚集了世界 1/3 以上的城市人口,具有高生产力和活跃的物流、能流。海岸带的地貌形态及其变化对人类的生活和生产活动具有重要的影响。同时,滨海湿地还是人口最密集、经济最发达的地区,承载着巨大的人口增长、经济发展、环境变化的压力,与人类社会的进步密切相关,以海平面上升与灾害加剧为标志的海岸环境变化将是 21 世纪海岸地区社会经济发展面临的最严峻挑战。在此背景下,景观尺度的滨海湿地时空演变特征及其预测研究显得更为重要。

滨海湿地以高度活跃、敏感和动态演变为主要特征。尤其在淤长型海岸区域,潮滩湿地动态演变直接关系到自然资源的合理利用和有效管理以及社会经济的发展。因而研究不同时空条件下的滨海湿地演变规律和模式,揭示滨海湿地保护区景观结构与功能变化及其影响因素,提出有利于滨海湿地保护的景观优化格局,为滨海湿地的合理利用、实现湿地资源的可持续发展提供决策依据。因此,对滨海湿地景观时空演变及其影响的研究具有重要的意义。

1.1.2 研究区确定的理由和意义

自 20 世纪 60 年代到 90 年代,滨海湿地作为生态环境脆弱带和海岸带陆海相互作用带,是国际重要研究计划中全球变化研究的关键领域,近年来成为海岸带研究的热点以及全球变化中的研究前沿。中国海岸带环境复杂多样,独具特点:沿海生态环境有最明显的地带性差异,历史上海平面变动显著,对气候、环境和人类生存发展影响显著,人类活动加速了海岸带环境和资源的变化等。这些特点在全球海岸带中具有特殊的地位,是进行海岸带陆海作用研究的重要场所。

江苏滨海湿地总面积约 $7.0 \times 10^3 \text{ km}^2$, 占全省总面积的 7%, 位居全国沿海各省的首位;江苏盐城滨海是我国重要淤泥质类型,区域特征显著,沿海植被带分布明显,对区域环境因子变化具有敏感的指示作用,海岸潮滩湿地是江苏沿海分布最广的湿地类型,分布着极其丰富的生物资源,成为江苏沿海湿地生态系统的核心。

盐城沿海湿地早已被加入联合国“人与生物圈”计划,并已被列入国际重要湿地名录,也是全球基金(GEF)和联合国开发计划署(UNDP)援助我国的四个湿地保护区中唯一的海岸滩涂湿地,具有全球性重要意义。江苏盐城沿海湿地具有丰富的生物多样性资源,分布着大量的珍稀物种,属于国家一类保护动物的有丹顶鹤等 9 种,属于二类保护动物的有大天鹅等 29 种。这些动物大多数还属于《濒危野生动植物种国际贸易公约》的保护对象。

盐城滨海湿地地处江苏中部沿海地区,是长江三角经济发达区域的相对欠发达地区,目前正面临经济快速发展的挑战,湿地生态环境保护和区域开发的矛盾更加突出。由于滨海湿地面临围垦、米草生物入侵、海平面上升和海岸蚀退等问题,生态环境比较脆弱,天然湿地不断萎缩,人工湿地面积不断扩大,景观时空变化显

著。为此,选择江苏盐城滨海湿地作为海岸带的典型区域,从景观尺度揭示湿地景观时空演变特征与规律,重点研究盐城保护区景观结构与功能变化,对探讨滨海湿地资源合理利用和保护具有重要意义。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 国外滨海湿地研究进展和现状

滨海湿地处于海洋和陆地的衔接地带,同时受到海洋和陆地作用力的共同影响,对外界的胁迫压力反应敏感,是一个脆弱的边缘地带,因而滨海湿地成为全球变化研究的理想区域。同时,滨海湿地还是人口最密集、经济最发达的地区,承载着巨大的人口增长、经济发展、环境变化的压力,与人类社会的进步密切相关,因而滨海湿地研究在世界范围内受到广泛重视。

国外对滨海湿地的研究开展得较早,20 世纪 60 年代,先是欧美一些发达国家,较早地认识到了湿地对人类发展和环境保护的重要性,纷纷开展了湿地保护和管理的研究。其中美国对滨海湿地的研究尤为重视,湿地研究机构和科研人员众多,在滨海湿地研究中始终处于世界领先地位。如美国早期就开始了滨海盐碱沼泽和红树林方面的研究。在 1972~1985 年,美国环境保护署开展了河口湿地、滨海湿地及近海水质的大型研究项目,河口湿地研究项目扩展到目前的 17 个。1995 年,美国开始实施重建佛罗里达州大沼泽地的湿地项目,计划到 2010 年完成。在墨西哥湾沿岸和密西西比河口区域,开展了广泛的滨海湿地调查、监测、湿地重建和恢复的研究,美国还开展了 20 年前墨西哥湾石油开采对湿地造成的污染后果的追踪调查和环境监测。在北部与加拿大合作开展五大湖及劳伦斯河沿岸的湿地研究。在湿地保护研究过程中,美国于 1977 年颁布了第一部湿地保护专门法规以及洁水法案,404 条款与“无净损失”湿地政策都对美国乃至整个欧美的湿地研究和保护产生了深远的影响。Kelly 对美国北卡罗来纳州在 1984~1992 年实施洁水法案与“无净损失”湿地政策的条件下景观格局变化以及湿地损失的研究表明这两项措施对保护滨海湿地具有重要作用。

欧洲及大洋洲各国根据本国湿地的实际情况,也开展了有关滨海湿地的研究,取得了不少成果。近年来,为了加强海岛和滨海资源的管理,南太平洋岛屿及其滨海国家开展积极合作,加强滨海湿地资源的保护与恢复。Eddo 等人从人类活动对澳大利亚 31 项滨海湿地环境指标的影响入手,构建湿地管理模型,加强对湿地环境的管理。



1971年,Ramsar会议的召开和《湿地公约》的签署,对国际湿地研究领域的合作和发展产生了重要影响,也推动了发展中国家在滨海湿地领域的研究。在具体研究方向上,主要集中于滨海湿地在净化环境中的作用,主要是如何利用滨海湿地处理各种污水;滨海湿地退化恢复和重建研究;湿地恢复和重建研究对缓解湿地破坏的压力、改善湿地生态环境、延缓和补救湿地的退化具有的重要作用。从研究的文献来看,对退化滨海湿地恢复和重建的研究是近年来国际湿地研究的热点和核心内容,也是湿地科学研究的重要方向之一。

20世纪90年代,在“海岸带陆海相互作用”研究计划提出以后,滨海湿地研究与滨海地圈系统、滨海环境系统等研究紧密联系,涉及多学科内容。如滨海湿地对全球变化的响应,特别是海平面上升对滨海湿地退化、损失和风险评估的影响研究;为了对湿地形成演化机制和生态过程等方面进行湿地保护研究,多学科综合是近年来滨海湿地研究的主要趋势之一。

总的来看,国外对滨海湿地研究由湿地的保护和管理逐渐转向湿地的退化、恢复和重建等问题,滨海湿地的形成和演化取决于海岸带多要素的相互作用,海岸带陆海相互作用背景下的滨海湿地的生态过程及其演化相关研究日益增多。

1.2.2 国内滨海湿地研究进展和现状

1992年,中国加入《湿地公约》,中国的湿地研究也越来越受到重视。20世纪90年代以来,我国滨海湿地研究发展很快,不同专业方向的学者对环渤海滨海湿地、南方红树林湿地、杭州湾以南的基岩性海滩及江苏滨海淤泥海岸湿地等地进行了不同程度的研究,取得了一些成果。我国滨海湿地研究就目前文献来看包括:滨海湿地资源调查、分类、保护、恢复与重建、景观生态、湿地生态系统与生物多样性、米草入侵、结构与功能、海平面与滨海湿地环境变化等方面。在1979~1984年我国进行了全国海岸带和滩涂资源综合调查,在土壤、生物、水文与地貌等方面取得了很多成果,为进一步的滨海湿地研究奠定了基础。

滨海湿地景观生态研究以环渤海三角洲湿地研究为最典型代表。渤海沿岸是我国北方滨海湿地最集中的分布区,尤其是黄河三角洲和辽河三角洲最为典型。无论其面积还是其重要性,在我国滨海湿地研究中都有着特殊的地位。以肖笃宁等人为主,系统地开展了环渤海三角洲湿地资源、类型、形成与发育、景观结构、生物多样性、湿地土壤养分循环、湿地氮、磷去除效应、湿地温室气体排放以及区域开发对湿地的影响等研究。如三角洲的景观格局和景观异质性、景观规划预案和生境适宜性、景观格局与养分截留功能、资源特征与功能评价、湿地风险评价、可持续利用与发展途径、湿地与海平面上升等。总之,该区是近年来滨海湿地研究的热点地区,为我国滨海湿地研究提供了一个很好的范例。

另外,我国滨海湿地景观变化研究很多,但研究内容基本上局限在湿地景观格局变化以及与人类活动关系分析研究上;在方法上只有景观结构指数计算,研究内容也缺乏系统性和全面性,如:盐城海岸湿地景观生态系统结构、江苏淤泥质海岸湿地景观格局、苏北盐城海岸带景观格局时空变化及驱动力。

我国对滨海湿地生态系统和生物多样性的研究,大致分为两个阶段:20 世纪 60 年代中期以前,侧重于生物区系、种类组成及分布定性描述研究;20 世纪 70 年代末至现在,侧重于种群、群落和生态系统定量研究,由钦佩等人从滨海生态系统的角度对研究成果进行系统的总结。滨海湿地珍稀物种生物多样性及其生境研究也成为研究的热点,如麋鹿种群恢复、自然保护区丹顶鹤分布和承载力、黑嘴鸥繁殖微生境选择,钦佩等人对盐城自然保护区中各区域目标种适宜生境和环境承载力进行了模拟研究和全面总结,并提出依照自组织系统、功能群分类和目标种选择等理论改善盐城自然保护区的管理。

近年来,外来物种米草的入侵和扩张对滨海湿地的生物多样性及其生境产生了重要影响。沈永明等人对米草入侵的空间扩展与分布、生态后果、经济与生态功能、风险评价等方面进行了较深入的研究。总之,对米草入侵的相关研究在迅速增加,这是滨海湿地研究的热点之一。

20 世纪 90 年代以来,海平面变化与海岸环境系统变化也是滨海湿地研究的热点。在这方面,江苏海岸研究已经相当活跃,涉及各个领域。海岸带环境演变在早期海岸带研究中已经涉及,如张忍顺等人对历史时期江苏海岸线的演化与变迁、苏北黄海三角洲及滨海平原的成陆过程等进行了详细地考证,认为苏北海岸原属堡岛海岸,黄河夺淮入海使苏北海岸经历了一次动力泥沙条件的突变,使苏北海岸变成淤泥质海岸。黄河北归使废黄河及水下三角洲受到强烈侵蚀,侵蚀下来的泥沙向南运移,岸外沙洲调整成辐射状;侵蚀岸段逐年向南扩大,苏北中段海岸由于能够接受水下三角洲的泥沙和潮流带来的泥沙仍然继续淤长,但淤长速度逐渐变缓。海岸侵蚀条件的改变对滨海湿地的形成与演化具有重要的影响。王建、季子修等人对江苏海岸淤积和侵蚀的速率和演变趋势进行研究。随着我国 LOICZ 研究计划的实施,对海平面上升幅度预测、海岸系统演化、海岸灾害风险评价、湿地生态系统的结构与功能等方面的研究日益增多。如杨桂山等人对典型剖面样带的海平面上升对江苏滨海平原典型潮滩湿地演化规律及其滩面形态变化影响进行了详细研究;季子修等人采用高程一面积法、沉积速率法对相对海平面上升使湿地面积变化进行预测。海平面相对上升的湿地灾害风险研究取得广泛的成果有:堤外潮滩湿地资源损失、海堤安全与防御、风暴潮加剧、海水入侵、灾害加剧和社会经济损失等项目,施雅风等人对长江三角洲和江苏滨海平原不同海岸段未来海岸环境变化的易损范围及损失进行了详细地综合估算。刘青松等人认为滨海湿地生态系统结构的形成和演化起决定作用的因素是潮位及相关的水文条件,所以海平面的相



对上升、潜水水位等因素对湿地生态系统的结构和功能产生最重要的影响,也会导致潮滩生态发生逆向演替,最终导致生态系统的演替变化。肖笃宁等人通过对环渤海海平面上升与三角洲湿地保护的研究,提出了生境更新与湿地调整的管理策略以及淤长型滨海湿地的滚动开发模式,有利于对滨海湿地的合理利用。海岸变迁、海平面上升、潜水水位等因素与滨海湿地演化具有密切的关系,应该从环境系统的角度综合研究海岸带的相互作用。总体上来看,由于海岸带各部分侵蚀和淤积速率存在差异,如何提高对海岸变化速率和相对海平面上升幅度预测的精确度,是确定滨海湿地面积变化和演化规律的难点问题,也是海岸环境系统研究面临的一个重要问题,有待于深入探讨和研究。

由此看来,江苏滨海湿地的研究时空尺度存在较大空白区域。立足于典型区域,从较小尺度,以断面监测和典型调查为手段的研究居多。从整体区域出发,从景观尺度,以遥感和地理信息系统(GIS)为主要手段的宏观研究则比较缺乏。而考虑到不同人类活动强度驱动,从时空动态角度探讨滨海湿地景观格局时空演变过程对保护区的景观结构和功能影响、人为调控策略响应的研究就更为缺乏。区域湿地景观格局变化与生态过程内在联系以及基于景观格局和生态过程的优化途径需要深入研究。

目前,对滨海湿地研究呈现出如下的研究趋势:

(1) 新技术、新方法的应用研究。随着科学技术的发展,滨海湿地的研究手段不断进步。目前在对滨海湿地的研究中已经越来越多地引入遥感动态监测技术、GIS技术、各种数学方法及模型模拟,这些新技术大大提高了研究的精度。新技术、新方法的应用,为滨海湿地研究提供了技术支持。

(2) 景观尺度的时空变化过程研究。滨海湿地研究的湿地资源调查、开发利用研究于20世纪80年代初进展最为显著,随着GIS和遥感等新技术出现,对湿地滩涂、生物资源变化和米草植被演替规律进行分析,对湿地的演化、形成机制及其生态过程的研究趋于增多,但对湿地景观空间演化分析、趋势变化和模拟预测的相关研究仍然很少。

(3) 多尺度综合研究。滨海湿地研究从滨海生态系统的物种组成、群落组成、生物群落稳定性和多样性研究逐渐转为宏观的、多学科交叉、系统的海岸带相互作用研究以及生物入侵、海平面与全球变化研究等。从湿地系统内部过程的孤立研究转向湿地与周边环境相互作用的综合研究。

(4) 空间化、量化研究。目前对江苏滨海湿地结构、功能、海岸线变迁、生物量、环境质量、土壤性质、滩面形态和群落类型的调查研究,主要通过定点、剖面调查分析方法,都未从面域空间上进行(趋势)变化分析。

(5) 重视人类活动影响研究。从景观变化的角度来看,滨海湿地与人类活动的关系密切,对滨海湿地景观的稳定性、可持续性等与景观指标之间的关系以及与

人类活动干扰强度变化关系、湿地景观优化途径的研究还未曾开展。

(6) 景观模拟预测研究。景观动态变化和模拟是景观生态学研究热点之一。景观动态模拟以马尔科夫链模型(Markov)和细胞自组织(也称元胞自动机模型)(CA)研究最为典型,主要集中于生态过程、植被和土地利用变化等方面研究,用于滨海湿地景观变化模拟研究还较少。

1.2.3 景观时空演变(动态)及模拟研究进展

景观生态学是宏观生态学研究的一个新领域。它是在20世纪60年代末至70年代初期形成的一门独立的生态学分支学科,主要研究与景观结构、功能以及变化有关的生态学原理及其应用。20世纪80年代以来,景观生态学在全世界范围内得到迅速发展。

随着遥感、GIS的迅速发展,现代景观生态学宏观尺度结构、功能和动态研究方法也发生了显著变化。尤其是北美景观生态学的迅速兴起,不但使该学科在概念和理论上焕然一新,而且形成了一系列以空间格局和动态模拟模型为特点的景观生态学数量研究方法,建立了许多不同类型的景观动态模型,形成了比较完整的体系。此时,景观生态和景观变化的研究方法进展主要表现在两个方面:一方面是“3S”技术得到了广泛利用;另一方面是多学科的数学模型被大量引入景观生态学的研究中,如多元统计学和空间统计学方法、分形维数的方法以及景观动态模型等已被广泛应用于景观生态学中,而且基于景观动态模拟和预测模型、多尺度空间耦合模型研究方法对河流流域地区、湿地景观为主的地区、城乡过渡带与生态脆弱带地区等的研究成为此阶段景观生态学研究的热点。近年来,利用模型方法揭示景观格局动态、功能变化特征和驱动机制,已成为国内外争相采用的研究方法。

景观变化常用的模型有结构模型和动态模型两种。结构模型是景观生态学最常用的定量化研究方法,主要通过计算空间特征指标来分析景观格局变化。从查阅到的文献来看,这方面相关研究很多。景观动态模型是在时间和空间两个尺度上研究区域景观格局的动态变化。Turner依据信息完善程度和建模手段(机理),将现有的景观动态模型分为随机模型、过程模型和规则模型,其中随机模型和规则模型通过景观时空演变研究反映景观格局变化。目前,在景观动态模拟中常见的模型有元胞自动机模型、空间概率模型、动态机制模型、渗透模型、中性模型等,数学模型的引入为当时景观生态学的研究开辟了新的途径。

细胞自组织模型是应用最普遍且最具有代表性的邻域规则模型,也是近几年国内外学者研究较多的景观动态模型。Tobler在20世纪70年代认识到元胞自动机在模型模拟地理复杂现象上的优势,首次正式采用元胞自动机来模拟美国城市底特律的迅速扩展。从20世纪80年代后期开始,元胞自动机模型应用得到空前



发展,在森林火灾、城市增长和土地利用变化的模拟方面,理论和实践都较为丰富,形成了应用的热点。自 20 世纪 90 年代开始,元胞自动机模型广泛应用于景观格局和空间生态学过程的研究中。如 Clarke K C, Wu F, Ward D P, Liu J 以及黎夏等采用细胞自动机模型在特定的约束体系作用下揭示土地、植被、生物体、生物入侵等景观要素的动态变化过程。对景观变化和景观功能的模拟比较成功的案例有 Seppelt 等对农业景观的研究等。

随机景观模型最常用的是马尔科夫模型,国内外应用马尔科夫模型研究景观动态变化的实例很多。但这一模型无法很好地反映景观变化的内在机制,特别是不能揭示社会经济活动对景观变化的约束作用,而且忽略了斑块的转移概率通常会随着时间变化而变化的特点。但总体而言,马尔科夫模型仍然是揭示景观组分转移细节信息的有效手段,能较好地回顾景观动态变化进程,并为景观预测提供有价值的信息。

针对马尔科夫模型应用中的一些限制性问题,Hobbs 等提出利用状态转移模型来修正马尔科夫模型的转移概率。在计算空间概率转移矩阵时,融入邻近空间影响使模型转移概率更趋合理;采用一些新的优化方法,如遗传算法,亦可显著增加景观概率模型的准确性;也有对非均匀马尔科夫模型的应用。遥感与 GIS 技术的发展,为建立更切合实际的概率转移矩阵提供了坚实的技术基础。

景观动态变化过程中,斑块的变化既取决于上一个时间点的状态,同时还受到相邻斑块性质和变化的影响,这种影响可以被组织成一系列约束景观动态变化幅度和方向的规则。尤其在 20 世纪 90 年代后期,一些生态学模型将随机过程(如马尔科夫链)结合到原有的确定型元胞自动机模型的邻域规则中,使这种途径在模拟景观动态变化(如植被、土地利用变化等)时更合理一些。CA 模型与 GIS 模型、Markov 模型、多因子评价模型、神经网络模型等集成应用是未来景观动态模拟与预测研究中的发展趋势。

景观过程模型是从机制出发来研究某生态过程(如物质循环和能量流动、火干扰)在景观空间里的发生、发展和传播的,主要侧重于某些生态系统过程方面的研究,对景观要素时空演变的涉及较少。

另外,景观动态模拟研究在空间直观景观模型 LANDIS、异质种群景观动态模型、生境适宜性模型、景观斑块动态与种群维持动力学模型、林窗模型等方面也取得了显著成果,以上模拟不仅仅局限于空间和变化现象,更侧重于景观动态过程以及景观驱动因子作用。从研究内容分析上来看,森林景观动态研究最多,其次是种群生境。

景观动态模拟研究涉及景观变化各个领域,尤其是 Markov 模型和 CA 模型在土地利用、城市扩张等景观动态模拟中日趋成熟,形成综合性很强的研究成果。景观动态模型研究对加强对驱动景观变化的过程的理解,完善景观生态学理论以