

环境与资源博士文库



北京湿地 生态演变研究

——以野鸭湖湿地自然保护区为例

宫兆宁 宫辉力 赵文吉 著

THE ECOLOGICAL EVOLUTION OF
BEIJING WETLAND

A case study in Beijing Wild Duck Lake

中国环境科学出版社

环境与资源博士文库

北京湿地生态演变研究

——以野鸭湖湿地自然保护区为例

宫兆宁 宫辉力 赵文吉 著

资助项目:

国家 973 项目 (2006CB708400)

国家 863 计划课题 (2006AA12Z111)

北京市科委项目 (200000511)

北京市自然科学基金项目 (6032003)

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

北京湿地生态演变研究: 以野鸭湖湿地自然保护区为例/宫兆宁, 宫辉力, 赵文吉著. —北京: 中国环境科学出版社, 2007.8

(环境与资源博士文库. 第1辑)

ISBN 978-7-80209-533-5

I. 北… II. ①宫…②宫…③赵… III. 沼泽化地—生态环境—研究—北京市 IV. P942.107.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 101072 号

责任编辑 沈 建 肖 伊

责任校对 尹 芳

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2007 年 8 月第一版
印 次 2007 年 8 月第一次印刷
开 本 880×1230 1/32
印 张 10.125
字 数 188 千字
定 价 80.00 元 (全套 4 册, 每册 20 元)

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序

湿地是陆地表层重要的生态系统，与森林、草地、农田生态系统共同维系着陆地表层的物流平衡和生态平衡，是功能独特而不可替代的自然综合体。

城市湿地作为北京重要的生态基础设施，具有完善城市防洪排涝体系、调控水源、净化水质、降低城市热岛效应，防御或缓解沙尘暴、改善野生动物生境、提供资源和休闲观光场所等众多生态环境与社会服务功能。足够数量和高质量的湿地对于提高城市生态系统健康水平，建立城市生态安全格局，激发城市生态活力，实现城市可持续发展至关重要。申奥成功，北京对全世界做出了“绿色奥运”的庄严承诺，健康的湿地是促进北京城市水安全、生态安全和可持续发展的重要保证。

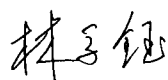
随着北京城市化进程的加速，区域水土资源开发活动日渐深入，一方面大量天然湿地被无序开发，湿地出现严重萎缩；另一方面，作用于天然水循环过程上的人工侧支水循环过程增强，严重挤占了湿地水源；加之全球变化的区域性影响，湿地

固有水文情势遭到破坏，湿地生态系统结构和功能在发生深刻变化的同时，还急剧向旱生生态系统演化，生态功效逐渐衰退。湿地服务功能的急剧下降对北京经济社会和生态环境产生危机性影响。针对北京湿地退化严重，而保护和修复乏力的现实，急需对北京湿地退化过程及其驱动机制进行研究，寻求有限湿地面积条件下其生态服务功能的最优化，从而为北京湿地的保护和修复寻求理论和政策依据。《北京湿地生态演变研究》是在整合多源信息的基础上，定量提取了湿地生态系统的水文、土壤、植被三个基本要素的演变特征，并首次建立了华北地区典型湿地——野鸭湖湿地生态演替的空间模式，系统揭示了在自然和人类活动过程营力的综合作用下，湿地生态系统演变的驱动机制，为首都北京生态基础设施的建设和生态安全的保障提供了重要的基础数据和科学依据。

从相关领域的研究发展现状看，目前普遍将空间信息技术、计算机技术、系统工程及模型化方法相结合，为湿地研究与管理科学化、定量化和自动化提供新的技术手段和分析方法。卫星遥感技术已经在全国范围内被作为生态环境状况监测与评价业务工作的重要信息源，国家环境保护总局 2006 年发布《生态环境状况评价技术规范》试行标准，各地相继以此为依据开展了 2000—2005 年生态环境状况变化分析。地理信息系统技术为湿地空间数据的存储、管理、操作、分析、模拟和展示提供了平台，并可利用成熟的地理空间分析模型对湿地信息展开动态分析，一方面为相关研究成果的集成实现提供了环境，另一方面使得为湿地研究和管理提供决策支持成为可能。该书依

托 RS 和 GIS 等新技术手段的支持,采用系统综合和多要素关联相结合的分析手段,从宏观综合和微观深入两方面开展湿地生态系统演变研究,其研究成果,丰富和充实了湿地基础理论研究的内容,同时还促进了不同学科交叉与融合,必将对我国湿地生态系统理论的建立、发展和完善做出重要贡献。

中国科学院院士



2007 年 5 月

前 言

湿地生态系统演变过程及其驱动机制研究既是湿地科学的基础理论核心，也是当前国际湿地科学研究的热点和重点。因此，本书拟围绕华北内陆典型湿地——野鸭湖湿地自然保护区，从宏观和微观两方面开展湿地生态系统演变过程、特征及驱动机制的系统研究，阐明湿地急剧退化对区域水土资源与环境质量的负面影响与效应。这已成为变化环境及高强度人类活动作用下，区域水土资源综合管理与湿地保护和修复过程中的重大基础性和前沿性命题之一。

位于市内和近郊地区的湿地是北京市水安全、生态安全和可持续发展的重要保证。湿地强大的储存水分、调节径流和控制污染等功能，可以从增积水量、改善水质两个方面缓解北京市严重缺水状况。从 1999 年至今，北京平均年降雨量只有多年平均水平的 70%，属于资源性重度缺水的特大城市，人均水资源占有量不足 300 m^3 ，是全国的平均水平的 $1/8$ ，世界的 $1/32$ ，远远低于国际公认的 $1\,000\text{ m}^3$ 的缺水下限。北京市地下水与 20

世纪 60 年代相比累计减少了近 60 亿 m^3 ，相当于北京市 4 年的用水量。据预测，到 2010 年，北京缺水将达 11.82 亿 $\text{m}^3 \sim 19.96$ 亿 m^3 。北京的缺水问题可以说与北京市湿地的丧失有很大关系。北京有潮白河、永定河、大清河三大水系环绕周边，近郊区原本存在大片的湿地沼泽。现在仍然沿用的卢沟桥、海淀、玉泉山、福海等许多地名至今仍隐藏着昔日湿地的影子。时至今日，虽然大面积的湿地已经不复存在，但城内外都还留有许多的水面。大体说来，在一定的社会经济、人口条件下，是个水资源相对丰富的地方。但随着全球气候的变化、城市的发展、人口的增长和农田基本建设的增加，城市水生态空间逐渐萎缩，天然和人工湿地都在不断退化，许多过去大面积连片的天然苇塘目前几乎消失，与之伴随的就是北京的缺水问题日趋严重。另一方面，北京湿地的萎缩和功能的丧失，使北京河流受污染、水质超标等问题更加突出。目前全市有近 60% 的河段受到污染，50% 的地下水监测井水质超标，曾经是供水主力军的官厅水库，由于严重污染，从 1997 年起已不再作为生活饮用水源。因此，北京湿地的丧失，同时加剧了北京市的水质性缺水 and 资源性缺水。

本书结合首都师范大学资源环境与 GIS 北京市重点实验室的前期科研工作基础，以国家 973 项目（2006CB708400）、国家 863 计划课题（2006AA12Z111）、北京市科委项目“北京湿地资源监测与评价”（200000511），以及北京市自然科学基金项目“浅层地下水变化的湿地生态效应及重点湿地恢复”（6032003）为依托，在总结国内外湿地相关研究进展的基础上，结合遥感和

地理信息系统宏观分析手段，在长期的野外踏勘与定位观测数据支撑下，以北京地区具有重要代表性、地区性意义的野鸭湖湿地为研究区，综合运用环境科学、生态学、水文学、地理学等学科基础理论，剖析了野鸭湖湿地生态系统演变的过程、特征及驱动机制，进而提出了湿地生态保育的综合调控对策。

本研究区——野鸭湖湿地是北京市面积最大、生物多样性最丰富的湿地自然保护区，亦是华北地区少见的内陆平原湿地，具有重要代表性和地区性意义。从大环境看，它位于北京市西北沙尘暴风口带，具有第一环卫层的意义，相当于北京西北建起的生态屏障，区域环境价值突出。本书收集、掌握了大量的历史和现势观测数据，编制了大比例尺的湿地植被和湿地土壤空间分布图，建立了湿地水文、土壤、植被的多源信息数据库，有重要的应用价值。在整合多源信息的基础上，对野鸭湖湿地自然保护区原功能分区进行了重新规划，提出了生态保育的空间规划与决策，突出了保护区的生态稳定性和安全格局，为湿地生态系统的恢复与重建工程提供了实践依据。因此，本研究具有重要的理论和实践意义。

本书初步构建了湿地生态系统演变研究的理论框架和方法体系，且特别注意宏观与微观分析手段的结合与应用。本项研究的初衷包括两个方面：一是研究成果可直接指导北京野鸭湖湿地自然保护区的管理实践；二是能促进学科交叉与综合，从宏观综合和微观深入两方面开展湿地生态系统演变研究，为我国湿地科学的发展尽微薄之力。希望本书能给湿地研究者、湿地管理者等同仁们提供一点有益的帮助和启发，作者将感到无

比欣慰。

湿地生态系统演变研究是多门学科的交叉与综合，本文大量的翔实的一手资料是项目组集体的结晶。尽管作者查阅和分析了国内外大量的有关研究成果，也难免会挂一漏万；加之作者从事科研工作的实践有限，疏漏、讹谬之处难免，还有很多方面需要提高和深入，不足之处敬请各位专家学者批评指正，有待在以后的工作中继续研究与完善。

宫兆宁

2007年5月

目 录

第一章 绪 论.....	1
第一节 国内外湿地相关研究进展.....	1
一、在理论体系上的相关进展.....	1
二、在技术方法上的相关进展.....	13
第二节 北京地区湿地资源概述.....	21
一、北京地区湿地的自然环境概况.....	21
二、北京湿地分类体系.....	46
三、北京地区湿地面积的动态变化.....	50
第二章 野鸭湖湿地生态环境特征.....	56
第一节 区域概况.....	56
一、研究区概况.....	56
二、自然地理概况.....	58
三、周边社会环境状况.....	62
第二节 水文和水文地质特征.....	62
一、水环境状况.....	62
二、水文地质特征.....	69

第三节 土壤特征	76
一、土壤类型	76
二、土壤空间分布特征	78
第四节 生物群系特征	80
一、植物区系特征及组成	80
二、湿地鸟类资源及保护物种	88
第三章 湿地动态遥感信息的提取与应用	92
第一节 野鸭湖湿地不同地物类型的光谱特征分析	93
一、地物光谱特征分析的研究方法	93
二、不同地物类型的影像光谱值分析	94
三、不同类型湿地的识别与动态变化分析	104
第二节 野鸭湖湿地形态及水域变化遥感监测	116
一、野鸭湖湿地形态的遥感监测	116
二、湿地水域面积的动态变化监测	122
第三节 湿地植被空间分布格局制图及应用研究	126
一、湿地植被制图的方法和步骤	126
二、野鸭湖湿地植被空间分布格局图的绘制	129
三、湿地植被生物量的遥感估算与分析	131
第四章 野鸭湖湿地生态系统的演变特征	134
第一节 野鸭湖湿地水文演变特征	135
一、湿地水情动态	135
二、湿地地表水质演变时序特征	142
三、湿地生态水文格局演变特征	149
第二节 野鸭湖湿地土壤演变特征	153

一、湿地土壤成土条件、发育及剖面性状	153
二、湿地土壤中速效性养分的分布 特征及分析	159
第三节 野鸭湖湿地植物群落演替特征	179
一、湿地植物群落演替的分异特征	179
二、湿地植物生物量的时空分异特征	184
三、湿地建群及优势种植物的矿物养分 分布特征	201
第五章 野鸭湖湿地生态系统演变的驱动因子分析	209
第一节 土壤水、盐的时空分异特征分析	209
一、包气带土壤水分的时空分异特征	209
二、包气带土壤盐分的时空分异特征	216
第二节 土壤水、盐时空分异与湿地植物群落 演替的关系	225
一、土壤水分与湿地植物群落的关系	225
二、土壤盐分与湿地植物群落的关系	236
三、土壤水、盐与湿地植物群落演替的 耦合关系	237
第三节 区域水分动态与野鸭湖湿地生态系统 演变的关系	239
一、自然因素对湿地生态系统演变的影响	239
二、人类干扰因素对湿地生态系统演变的影响	244
三、区域水分动态与湿地生态系统演变的关系	249

第六章 野鸭湖湿地生态保育的综合调控对策	256
第一节 野鸭湖湿地生态恢复空间决策和	
三维虚拟现实系统的设计	257
一、野鸭湖湿地生态恢复与重建设计的原则	257
二、野鸭湖湿地自然保护区生态保育的	
规划与决策	259
三、湿地三维虚拟现实系统的设计探讨	264
第二节 流域水资源合理利用与生态环境保护的	
建议措施	271
一、湿地生态系统干扰因子分析	271
二、流域水环境综合治理措施	275
三、区域地表水与地下水资源的开发利用规划	279
附录 北京湿地高等植物（苔藓、蕨类、裸子、被子）	
种类汇总表	283
参考文献	296

第一章 绪 论

第一节 国内外湿地相关研究进展

一、在理论体系上的相关进展

(一) 国外湿地相关研究进展

目前,国际上对湿地开展的研究领域非常广泛,在湿地的定义、分类、过程、结构、功能、形成演化、生物多样性、湿地温室气体排放与全球变化、生态系统健康与价值评价、湿地动态变化模型构建、退化湿地恢复与重建、湿地开发利用、湿地保护和管理、湿地管理法规等方面都进行了研究,并取得了重要的进展(Mitsch W J, et al., 1986; Heinselman M L, 1970; Grootjan A P, et al., 1980; Sigel D J, et al., 1987; Ivanov K E, 1981; Maltby E, et al., 1990; Kusler J A, et al., 1994; Frayer W E, et al., 1991; Erwin K L, et al., 1994)。随着研究的逐步深入,国内外湿地科学家开始思考湿地研究的基础理论体系、方

法与技术问题 (Van M J, et al., 1999; Andrew B, et al., 1999; Acreman M, 2000)。

各种国际组织对湿地研究的推进和发展起了巨大的作用,引领着湿地科学的发展方向。在国际上对湿地研究与保护起着首要领导作用的是《湿地公约》,此外,世界湿地大会每四年举行一次,相关的学术组织也都定期举行国际学术讨论会。一些重要的国际科学研究计划也是湿地研究发展的重要推动力。例如,人与生物圈计划、国际地圈—生物圈计划、研究国际全球环境变化的人文研究计划以及国际水文计划等。这些计划都把湿地作为重要研究对象或研究区域。目前主要围绕湿地功能与价值、湿地水资源、湿地恢复与重建、湿地保护和合理利用等开展研究 (Busch D E, 1998; Sun G, et al., 1998; Mansell R S, et al., 2000; Ewel K C, et al., 1998)。

在诸多的研究领域里,湿地功能与评价的研究在近年得到了国际社会的热切关注 (Jessika T, et al., 2001; Speiksma J F M, et al., 1995; Larson J S, et al., 1994)。目前比较具有影响的湿地评价方法是 Brinson (1994) 等人提出的基于水文地貌基础上的“五步”湿地生态系统功能评价方法 (HGM),它可以对一个大尺度地理区域内的诸多湿地功能进行定量的、一致的评价。HGM 方法选取景观内合适的湿地作为参照湿地,以此为标准建立模型测度待评价湿地的功能。1995 年,欧洲有关大学和研究单位启动了“欧洲湿地生态系统功能评价”(FAEWE)项目,他们利用 HGM 模型,通过建立河滨湿地生态系统的关键过程及其与湿地功能的联系,评估人为干扰对生态系统的影响以及湿地对于干扰的恢复能力,确定湿地功能分析方法所需的阈值 (Hery C P, et al., 1995)。但目前 HGM 模型在理论上仍

不成熟，在资金和技术等方面要求较高，因此还没有在世界各国得到广泛的应用。在联合国有关机构以及世界银行、全球基金会（GEF）和一些私人机构的支持下，经过以 A. H. Zakri 和 R. Watson 为首的数十位学者的努力，在 2001 年启动了新千年生态系统评估项目（Millenium Ecosystem Assessment, MA）。MA 是由联合国授权的对全球生态系统过去、现在和将来的状况进行评估，并提出对策的全球性国际合作项目，MA 的研究成果于 2004 年在包括北京在内的 8 个城市同时发表。它的实施将对促进湿地科学的发展、改进湿地等重要生态系统管理状况，进而推动社会经济的可持续发展有重要意义（赵士洞，2001）。

水是湿地的命脉和灵魂，对湿地中水的研究是湿地研究长盛不衰的主题。湿地公约的 2003—2008 年战略计划中反复提到要做到共享水资源，让湿地发挥其水文功能。湿地的生态用水研究也成为了湿地研究的重要领域之一，保证湿地的生态用水才能保证湿地的存在已经在国际社会达成共识。国外水文学家在这个方面开展了许多的研究，对于流域内的生态环境用水也有许多很好的研究案例（Hmmer D A, 1997; Sun G, et al., 1998; Mansell R S, et al., 2000）。

在开展湿地基础研究工作的同时，国际社会也越来越意识到加强湿地保护与生态恢复、促进湿地合理利用的重要性和迫切性，从最初仅强调湿地作为水禽栖息地的功能，拓展到湿地保护和合理利用的各个方面，其中湿地保护和退化湿地的恢复重建、湿地的合理利用成为国际社会共同关注的焦点（Yong P, 1996; Guardo M, et al., 1995; Mitsch W J, et al., 2000）。魁北克千年湿地会议（2000）、南京国际湿地会议