



博士后文库

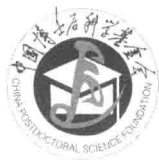
中国博士后科学基金资助出版

纳帕海典型高寒湿地系统 格局、过程及效应

李 杰 胡金明 等 著



科学出版社



博士后文库

中国博士后科学基金资助出版

纳帕海典型高寒湿地系统 格局、过程及效应

李 杰 胡金明 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

国际重要湿地——纳帕海位于云南省香格里拉市，是我国典型的高寒湿地。本书以纳帕海湿地景观、水文、土壤、植被及土壤种子库为侧重点，从多个时空尺度探讨湿地各要素的变化机制及要素间的相互作用与效应，并探讨各类人为干扰影响下的湿地要素响应，从而深入地认识以纳帕海为代表的典型高寒湿地系统的格局与过程、功能与结构、机制与效应。本书是作者及其团队成员近 10 年的研究成果集成，较为系统，能够为我国高寒湿地研究提供一定的借鉴。

本书为自然地理学研究著作，研究对象为高寒湿地。谨为有自然地理学、生态学相关专业背景，或从事自然保护、林业等相关工作的读者提供部分研究思路和工作示例。

图书在版编目(CIP)数据

纳帕海典型高寒湿地系统格局、过程及效应 / 李杰等著. —北京：科学出版社，2018.1

(博士后文库)

ISBN 978-7-03-054708-8

I. ①纳… II. ①李… III. ①寒冷地区—沼泽化地—自然保护区—研究—香格里拉县 IV. ①S759.992.744

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第244263号

责任编辑：张会格 岳漫宇 / 责任校对：郑金红

责任印制：肖 兴 / 封面设计：刘新新

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

*

2018年1月第一版 开本：720×1000 1/16

2018年1月第一次印刷 印张：17

字数：343 000

定价：128.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

《博士后文库》编委会名单

主 任 陈宜瑜

副主任 詹文龙 李 扬

秘书长 邱春雷

编 委(按姓氏汉语拼音排序)

付小兵	傅伯杰	郭坤宇	胡 滨	贾国柱	刘 伟
卢秉恒	毛大立	权良柱	任南琪	万国华	王光谦
吴硕贤	杨宝峰	印遇龙	喻树迅	张文栋	赵 路
赵晓哲	钟登华	周宪梁			

《纳帕海典型高寒湿地系统格局、 过程及效应》著者名单

李 杰(云南财经大学 城市与环境学院)

胡金明(云南大学 国际河流与生态安全研究院)

董云霞(广西交通科学研究院有限公司)

贾海锋(云南省环境科学研究院 中国昆明高原湖泊国际研究中心)

罗怀秀(云南省林业调查规划院 云南省自然保护区研究监测中心)

袁 寒(红河学院 生命科学与技术学院)

朱春灵(昆明滇池水务股份有限公司)

《博士后文库》序言

1985年，在李政道先生的倡议和邓小平同志的亲自关怀下，我国建立了博士后制度，同时设立了博士后科学基金。30多年来，在党和国家的高度重视下，在社会各方面的关心和支持下，博士后制度为我国培养了一大批青年高层次创新人才。在这一过程中，博士后科学基金发挥了不可替代的独特作用。

博士后科学基金是中国特色博士后制度的重要组成部分，专门用于资助博士后研究人员开展创新探索。博士后科学基金的资助，对正处于独立科研生涯起步阶段的博士后研究人员来说，适逢其时，有利于培养他们独立的科研人格、在选题方面的竞争意识以及负责的精神，是他们独立从事科研工作的“第一桶金”。尽管博士后科学基金资助金额不大，但对博士后青年创新人才的培养和激励作用不可估量。四两拨千斤，博士后科学基金有效地推动了博士后研究人员迅速成长为高水平的研究人才，“小基金发挥了大作用”。

在博士后科学基金的资助下，博士后研究人员的优秀学术成果不断涌现。2013年，为提高博士后科学基金的资助效益，中国博士后科学基金会联合科学出版社开展了博士后优秀学术专著出版资助工作，通过专家评审遴选出优秀的博士后学术著作，收入《博士后文库》，由博士后科学基金资助、科学出版社出版。我们希望，借此打造专属于博士后学术创新的旗舰图书品牌，激励博士后研究人员潜心科研，扎实治学，提升博士后优秀学术成果的社会影响力。

2015年，国务院办公厅印发了《关于改革完善博士后制度的意见》（国办发〔2015〕87号），将“实施自然科学、人文社会科学优秀博士后论著出版支持计划”作为“十三五”期间博士后工作的重要内容和提升博士后研究人员培养质量的重要手段，这更加凸显了出版资助工作的意义。我相信，我们提供的这个出版资助平台将对博士后研究人员激发创新智慧、凝聚创新力量发挥独特的作用，促使博士后研究人员的创新成果更好地服务于创新驱动发展战略和创新型国家的建设。

祝愿广大博士后研究人员在博士后科学基金的资助下早日成长为栋梁之才，为实现中华民族伟大复兴的中国梦做出更大的贡献。



中国博士后科学基金会理事长

序

高寒湿地基础研究，因其地理条件特殊、研究条件缺乏和当地经济发展落后等因素，相比我国东部湿地开展较晚，但因其独有的地理特征和生态系统功能，而具有较高的研究价值。例如，分布在我国青藏高原及其南缘横断山脉的高寒湿地，具有独特的气候和地理特征，从而成为生物多样性的研究热点，或物种迁徙通道的重要生境。同时，高寒湿地往往地处大江大河上游，具有重要的水安全和生态安全价值。

湿地介于水生系统与陆生系统之间，易受环境要素变化影响，生态较为脆弱。而且，湿地在支撑人类文明和发展的同时，也因过度的人类活动和开发导致系统消亡。湿地国际指出，20世纪由于农业发展而导致的湿地面积丧失达到世界范围内湿地总面积的50%以上。近年来，随着国家发展战略指向我国西部不发达地区，越来越多的生态脆弱区进入了决策者的视野，成为科学发展兼顾生态保护与生态文明建设的重要区域。高寒湿地也因其重要的气候变化指示功能和较为脆弱的生态，而成为在发展中的优先保护地区，如三江源湿地等。

目前，气候变化与人类活动的共同作用，使部分高寒湿地系统稳定性降低，尤其是湿地水文要素在部分极端气候和人为工程措施的影响下，波动显著，进而对湿地土壤及生物群落产生较大的影响，部分地区甚至出现湿地系统结构性改变，造成湿地系统向陆生系统加速演替。

纳帕海湿地是横断山脉中部、三江并流区的典型高寒湿地，也是濒危物种黑颈鹤(*Grus nigricollis*)的主要越冬生境，具有重要的保护价值。又因其地处云南省香格里拉市区附近，以旅游和放牧为主的人为干扰强烈，对湿地影响巨大。因此该湿地是高寒湿地系统研究及受人类活动影响严重的典型区域，具有代表性。

该书是一部全面探讨高寒湿地——纳帕海不同尺度格局、过程及生态效应的专著，因其研究区具有典型的高寒湿地特征，所以该书所提出的部分观点和对湿地的认识，以及该书所使用的部分研究方法也可以为其他相关高寒湿地研究提供参考和借鉴。

刘兴土

2017年6月15日

前言

我国高海拔地区因温度低、蒸发量少,广泛发育了湖穴、沼泽和湿草甸等高寒湿地类型。这类湿地不仅资源丰富、生物多样性高,具有重要的生态功能和研究价值;同时,因其地处我国江河源头或中上游区,也具有重要的生态安全保护意义。高寒湿地气候环境特殊,动植物生长缓慢,生态脆弱,自我修复能力较低,较易受环境改变而产生生态功能降低等退化现象。然而,受高海拔地区基础研究薄弱、环境信息缺乏、保护工作开展较晚等因素影响,对高寒湿地的系统性认知不够深入,难以应对人类活动不断加强而带来的湿地环境、生态改变,从而难以支撑针对此类湿地的保护与管理工作。因此,从不同层次、不同尺度分析其格局变化,以核心要素作为切入点分析湿地关键的生态过程及效应,从而认识高寒湿地系统的结构与功能,能够有效应对干扰对高寒湿地系统带来的影响,提高保护效率。

纳帕海高寒湿地地处横断山脉中部、三江并流自然保护区,平均海拔 3264m,具有显著的高原气候特征,长冬无夏,春秋短,年均气温 5.4℃。同时,纳帕海湿地也是世界上唯一生长、繁衍在高原的鹤——黑颈鹤(*Grus nigricollis*)中部种群(濒危种群)主要的越冬地。据统计,来此越冬的黑颈鹤数量占中部种群的 84%,而且除黑颈鹤以外,还有 43 种受保护鸟类在纳帕海湿地越冬,且种群数量巨大,仅雁鸭类就有近万只。这种鸟类越冬的盛况证明了该湿地是重要的水禽越冬地和候鸟迁徙途中的补给站,具有重要的保护意义和生态服务价值。也正因为此,纳帕海湿地在 2004 年被列入《国际重要湿地公约》(*The Ramsar Convention*),成为国际重要湿地。

纳帕海湿地为高山峡谷区断陷盆地内湖—沼—草甸复合型湿地。季风气候影响下的湿地明水面季节性分异主导着湿地景观周期性的波动过程,在干、湿季形成差异显著的景观镶嵌体。其中,湿地明水面景观波动可达 12km² 以上(纳帕海保护区总面积为 31.25km²)。在水文因素的主导下,湿地景观因地形的细微差异而呈现多样性:湿地内有明水、河湖滩涂、塔头、漂筏、洼地、泥沼、湿草甸、自然河道等多种类型。而且,各景观类型的水文特征差异不仅决定了土壤水分、理化性质差异,还决定了地表植被形态和群落结构差异,从而支撑了整个湿地复合体的生物多样性。因此,在纳帕海湿地开展高寒湿地研究极具典型性和代表性。

2001 年,中甸县更名为香格里拉县,2014 年香格里拉县撤县建市。14 年间,伴随着旅游业的巨大发展,香格里拉市城市建设也得到了极大的发展,城市范围迅速扩张,并且仍有进一步扩展的急切需求。而纳帕海湿地距离香格里拉市中心仅 8km,几乎成为香格里拉市的城市湿地。硬化河道、旅游、过度放牧等主要的人类活动对湿地的影响日益增强,已产生了较为显著的湿地退化现象。有关部门

虽在近年开展了部分治理工程与生态补偿项目,但人为干扰对湿地生态系统的影响过程和机制仍未得到深入认识,需要系统地梳理湿地主控因素的干扰——响应机制,以期为该类型湿地的保护、恢复与管理提供支撑。

本书以纳帕海湿地景观、水文、土壤、植被及土壤种子库为侧重点从多个时空尺度探讨湿地各要素的变化机制及要素间的相互作用与效应,探讨各类人为干扰影响下的湿地要素响应,从而深入认识以纳帕海为代表的典型高寒湿地系统的格局与过程、功能与结构、机制与效应。

本书是在国家自然科学基金“滇西北高原典型退化湿地纳帕海植物群落和土壤主要生源要素时空分异耦合研究”(40961003)和“纳帕海湿地黑颈鹤生境利用对人为干扰的响应机制”(41601060)的主要研究成果基础上完成的,并获得2017年度中国博士后科学基金优秀学术专著出版资助。在云南大学胡金明教授的指导下,由李杰、董云霞、贾海锋、罗怀秀、袁寒和朱春灵共同完成。各章编写人员如下,第1章:李杰、胡金明、董云霞、贾海锋、罗怀秀、袁寒、朱春灵;第2章:李杰、胡金明、董云霞;第3章:李杰、胡金明、朱春灵;第4章:董云霞、胡金明、袁寒;第5章:贾海锋、胡金明、李杰、罗怀秀;第6章:罗怀秀、胡金明、贾海锋、李杰;第7章:胡金明、袁寒、董云霞、李杰。

在本书完成之际,我们向在本研究中给予指导和大力支持的西南林业大学田昆教授和刘强博士;中国科学院昆明植物研究所陈丽助理研究员;香格里拉市纳帕海湿地管理局赵建林高级工程师、周达光高级工程师和赵旭燕主任等工作人员;云南纳帕海省级自然保护区管理所余红忠所长(原)、绍友所长(原)、陈志明所长和格茸副所长等工作人员;香格里拉市建塘镇五村春宗社的七里独杰表示衷心感谢!由于作者知识水平有限,以及湿地生态系统的格局与过程存在复杂性,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

著者

2017年3月

目 录

1 引言	1
1.1 研究进展	1
1.1.1 多尺度湿地景观格局研究进展	1
1.1.2 湿地水文模拟及水文生态效应研究进展	2
1.1.3 湿地土壤养分研究进展	5
1.1.4 湿地土壤碳、氮组分空间分异研究进展	11
1.1.5 植被数量生态学研究进展	13
1.1.6 纳帕海高寒湿地研究进展	15
1.2 纳帕海典型高寒湿地概况	17
1.2.1 自然概况	17
1.2.2 历史背景与社会经济概况	20
参考文献	22
2 纳帕海多时空尺度景观格局、过程、效应及驱动	29
2.1 湿地景观格局分析方法	29
2.1.1 湿地景观格局的特殊性及遥感数据的选择	29
2.1.2 景观指数的选取及计算	30
2.2 年际时间尺度下纳帕海流域和湿地区景观格局变化及其驱动	32
2.2.1 基于 DEM 的纳帕海流域提取	32
2.2.2 纳帕海流域近 13 年来气候变化	35
2.2.3 基于枯水期的景观格局变化分析的时相选择	36
2.2.4 纳帕海流域景观分类	38
2.2.5 纳帕海流域景观变化	39
2.2.6 纳帕海湿地区景观变化	42
2.2.7 纳帕海流域及湿地区景观变化的驱动分析	44
2.3 纳帕海湿地区景观格局季节性动态及其驱动	46
2.3.1 研究纳帕海高原湖沼湿地景观格局季节性动态的意义	46
2.3.2 数据源选取与湿地区景观分类	46
2.3.3 纳帕海湿地区景观季节变化	47
2.3.4 纳帕海湿地区景观类型转化	48
2.3.5 纳帕海湿地区景观类型的空间变化	49

2.3.6	纳帕海湿地区破坏地景观的增加	50
2.3.7	纳帕海湿地区景观季节变化的气候背景	51
2.3.8	纳帕海湿地区景观季节变化的人为活动背景	52
2.4	不同退化类型的景观斑块植物群落空间格局初步分析	53
2.4.1	不同类型斑块代表性植物群落的对比	53
2.4.2	短期恢复植物群落的空间分布及其典型群落构成	55
2.4.3	长期恢复垫地的空间分布及其典型群落构成	58
2.4.4	狼毒群落区的空间分布及其典型群落构成	61
2.4.5	关于破坏后植物群落自我修复过程的初步探讨	64
2.5	小结	65
	参考文献	66
3	纳帕海湿地遥感水文模拟及水文生态效应	67
3.1	湿地遥感水文分析方法	67
3.1.1	湿地遥感水文模拟研究思路	67
3.1.2	基于遥感的湿地明水面数据库构建	67
3.1.3	构建湿地水文模型	69
3.1.4	纳帕海湿地水文生态效应研究思路	69
3.2	基于降水数据模拟 1987~2012 年纳帕海明水面积 (OWA) 波动	70
3.2.1	建立纳帕海湿地明水面景观数据库	70
3.2.2	筛选模拟数据	75
3.2.3	建立 OWA-OAP 模型	76
3.2.4	基于 2012 年实测纳帕海主湖区水位的模型验证	78
3.2.5	纳帕海 OWA 多时间尺度波动分析	79
3.3	基于湿地明水面景观估算地表储水量并模拟湿地 WS-OWA 波动关系	82
3.3.1	理论依据与模型构建	83
3.3.2	高精度微地貌 DEM(数字高程模型)生成	84
3.3.3	构建 WS-OWA 模型	85
3.3.4	纳帕海湿地 WS 多时间尺度波动分析	88
3.4	纳帕海湿地区水文生态效应与影响	90
3.4.1	纳帕海湿地越冬水禽明水面栖息地界定	90
3.4.2	纳帕海湿地植被对水文的响应机制	96
3.4.3	关于湿地边界界定的探索	103
3.5	小结	103
	参考文献	104

4 纳帕海湿地不同类型土壤养分差异	106
4.1 纳帕海湿地土壤类型划分及采样预处理方法	106
4.1.1 纳帕海湿地土壤类型划分及样品采集	106
4.1.2 土壤样品的预处理要求	107
4.1.3 土壤样品的实验室测定	108
4.1.4 土壤碳氮要素分异特征的分析	108
4.2 不同类型土壤碳素分异特征	109
4.2.1 SOC 分异特征	109
4.2.2 LOC 分异特征	110
4.2.3 DOC 分异特征	111
4.2.4 纳帕海湿地区的有机碳素分异与土壤退化程度	112
4.2.5 纳帕海湿地区活性碳素分异的指示意义	113
4.3 不同类型土壤氮素分异特征	115
4.3.1 TN 分异特征	115
4.3.2 RAN 分异特征	116
4.3.3 DON 分异特征	118
4.3.4 IN 分异特征	119
4.3.5 土壤氮素含量分异与湿地退化的关联	121
4.3.6 速效氮组分分异的指示意义	122
4.3.7 可溶性有机氮识别/测定的重要意义	122
4.3.8 土壤 DON 的养分供应和重要指示意义	123
4.4 纳帕海湿地区土壤碳氮要素耦合关系	125
4.4.1 C/N 值分异特征	125
4.4.2 LOC/RAN 分异特征	126
4.4.3 DOC/DON 分异特征	127
4.4.4 植被特征对纳帕海湿地区 4 类土壤碳、氮要素含量分异的影响	128
4.4.5 土壤 pH 与纳帕海湿地区 4 类土壤碳、氮要素含量分异的关系	128
4.4.6 土壤 C/N 值	129
4.4.7 土壤 DOC 与 DON 耦合关系	129
4.4.8 土壤碳、氮要素影响因素	130
4.5 小结	130
参考文献	132
5 纳帕海湿地表土碳、氮组分地统计分析	134
5.1 湿地土壤养分地统计分析方法	134
5.1.1 土壤样品网格采样	134

5.1.2	土壤样品实验室测定	135
5.1.3	描述性统计分析	135
5.1.4	正态分布和离群值检验	136
5.1.5	地统计学理论与方法	138
5.2	纳帕海湿地区表土碳氮组分描述性统计分析	143
5.2.1	碳素组分	143
5.2.2	氮素组分	144
5.2.3	碳氮比	145
5.2.4	溶解有机质碳氮比	145
5.3	各向同性下纳帕海湿地区表土碳氮组分的空间变异特征	146
5.3.1	碳素组分	146
5.3.2	氮素组分	147
5.3.3	C/N 值和 DOC/DON	147
5.4	各向异性下纳帕海湿地区表土碳氮组分的空间变异特征	149
5.4.1	碳素组分	150
5.4.2	氮素组分	151
5.4.3	C/N 值和 DOC/DON	151
5.5	纳帕海湿地区表土碳氮组分的空间分异特征	153
5.5.1	碳素组分	153
5.5.2	氮素组分	155
5.5.3	C/N 值和 DOC/DON	159
5.6	关于纳帕海湿地区表土碳氮组分空间分异的讨论	159
5.6.1	碳素组分	159
5.6.2	氮素组分	163
5.6.3	C/N 值、溶解有机质碳氮比	166
5.7	小结	167
	参考文献	168
6	纳帕海湿地区植物群落特征及与环境因子关系	171
6.1	研究方法	171
6.1.1	湿地区植物群落调查和景观制图	171
6.1.2	湿地区高强度干扰样方提取	172
6.1.3	湿地区植物群落数量分析	173
6.1.4	样方土壤水分含量提取	174
6.2	湿地区植物群落基本特征	175
6.2.1	湿地区植物物种组成	175
6.2.2	湿地区植物群落类型划分	178

6.2.3 湿地区植物群落空间分布	178
6.2.4 湿地区植被退化特征	182
6.3 湿地区植物群落分类、演替与主要驱动因子及生态效应	182
6.3.1 湿地区植物群落 TWINSpan 分类	182
6.3.2 湿地区植物群落演替及主要环境驱动因子	185
6.3.3 湿地区植物群落演替生态效应	188
6.4 湿地区干扰对植物群落演替的影响	190
6.4.1 高强度干扰植物群落 TWINSpan 分类	190
6.4.2 高强度干扰植物群落样方 DCA 排序	192
6.4.3 高强度干扰对群落物种组成和多样性的影响	195
6.4.4 高强度干扰对植物群落外貌特征的影响	197
6.5 小结	198
参考文献	200
7 纳帕海退化区土壤种子库与地面植被关系	201
7.1 湿地土壤种子库调查实验方法	201
7.1.1 样地布设与植物群落特征	201
7.1.2 土壤种子库取样和地上植被调查方法	201
7.1.3 土壤种子库萌发实验方法	204
7.1.4 数据分析方法	207
7.2 群落土壤种子库数量特征	208
7.2.1 不同群落土壤种子库储量特征	208
7.2.2 土壤种子库的种子库密度垂向分异	210
7.2.3 两次采样土壤种子库密度比较	212
7.2.4 不同水分处理方式土壤种子库密度特征	214
7.2.5 退化群落和对照群落土壤种子库密度差异	216
7.3 群落土壤种子库物种多样性特征	217
7.3.1 种子库科、属、种组成	217
7.3.2 种子库物种组成	219
7.3.3 种子库优势物种	223
7.3.4 种子库 α 物种多样性	230
7.3.5 种子库物种组成 β 多样性	231
7.4 群落地面植被基本特征	233
7.4.1 地面植被科、属、种组成	233
7.4.2 地面植被物种组成	233
7.4.3 地面植被 α 物种多样性	239
7.4.4 地面植被组成 β 多样性	241
7.5 土壤种子库与地面植被关系	242

7.5.1 科、属、种的对应关系	242
7.5.2 物种组成对应关系	243
7.5.3 土壤种子库与地面植被相似性	243
7.6 小结	245
参考文献	248
附录 纳帕海湿地区调查植物物种名录	250
编后记	253

1 引 言

1.1 研究进展

1.1.1 多尺度湿地景观格局研究进展

尺度(scale)是指在研究某一物体或现象时所采用的空间或时间单位,同时又可指某一现象或过程在空间和时间上涉及的范围和发生的频率(Turner, 1989; Forman and Godron, 1986)。尺度作用与尺度理论不仅是景观生态学,也可以说是整个陆地表层系统研究的核心基础之一(Risser et al., 1984; Risser, 1987; Forman, 1995; 邬建国, 2007; 肖笃宁和李秀珍, 2003)。不同时空尺度上存在不同的生态过程,对不同生态过程的认知和了解是对某一对象区域深入研究的必要过程。

随着等级理论(hierarchy theory)在生态学领域中逐渐发展形成(O'Neill et al., 1991; O'Neill, 1999; Wu, 1999; 申卫军等, 2003),当针对某一对象或区域进行研究时,应把所研究的对象或区域纳入相应的等级系统中,它使我们在关注一个特定尺度上的事件的同时,认识到仍有与之相关的其他尺度对此事件产生作用(Urban et al., 1987)。因此,当对某一对象进行深入研究时,不仅仅要考虑在此对象所对应的时空尺度上进行生态过程的分析;还要考虑针对此对象上下两个等级的时空尺度进行生态过程的推演,如低级单元之间的相互作用产生高级单元的动态,而高级单元对低级单元具有制约作用(Kotliar and Wiens, 1990)。

不同尺度上,空间异质性表现出不同的格局,因而从不同尺度上观测或分析空间异质性时结果是不同的(张娜, 2006)。傅伯杰等(2003)通过生态系统尺度、坡面尺度、集水区尺度、小流域尺度和区域尺度分别来分析土地利用结构与生态过程研究的现状和特征,指出:坡面尺度、小流域尺度是连接生态系统和区域的桥梁,生态过程的多时空尺度研究是深入认识某一特定区域生态变化的基本方法。

湿地是介于水生景观与陆生景观之间的过渡景观类型,具有交错地带特点(邓伟和胡金明, 2003),因此对尺度效应的响应更为敏感。不同尺度下湿地在景观镶嵌体中的格局与功能,以及其在各尺度下与其他景观能、质交互和自身内部的水文、生态过程不尽相同,具有复杂性,是学科研究的难点。随着地理信息系统(GIS)及遥感技术(RS)在地学与生态学中的广泛应用(Boyle et al., 2004; Pichon et al., 2008; Cohen and Lara, 2003; Webster et al., 2000; Corbane et al., 2008),湿地景观格局在年际尺度上的变化过程研究因数据较易获取和方法较为简便而取得了较大发展(白军红等, 2005)。同时,湿地景观变化与环境效应之间的相关关系研

究逐渐成为研究热点,以及政府部门决策协调湿地保护与区域经济可持续发展的依据。近年来,国家自然科学基金委员会、中国科学院、国家林业局、环境保护部等组织和 supports 了该方面的科研课题。肖笃宁和李秀珍(1997)、肖笃宁等(2001)系统研究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、湿地温室气体排放及区域开发对湿地的影响等内容,加深了对该区湿地的全面认识,为协调区域经济发展和湿地保护之间的关系提供了科学依据。吕宪国(2004)开展的淡水沼泽湿地、高原沼泽湿地、湖泊湿地等典型湿地水陆相互作用过程、资源环境效应及调控研究等,也从湿地本身的性质、特征及其景观功能等方面系统研究了中国典型湿地的功能、价值,以及与区域环境及其经济发展间的关系。李加林等(2003)以景观生态学理论为指导,分析了江苏淤泥质海岸湿地景观格局的主要特点及影响景观格局的自然驱动因子和干扰因素,提出了江苏淤泥质海岸湿地景观生态建设的原则及主要内容。2002年,中国科学院启动了一批知识创新工程项目,研究焦点集中在区域环境变化及其环境效应方面。其中50年来三江平原湿地景观变化及其环境效应研究是四大主题之一(侯伟等,2004)。至此,中国湿地研究从理论探讨逐渐向区域应用方面迈进,顺应了国家需求,而湿地景观变化研究是该方面研究的基础内容,成为众多国内科学家关注的焦点。

随着2009年9月第六届全国景观生态学学术研讨会在成都的隆重召开,中国的景观生态学拉开了新的篇章。会议以占我国陆地国土总面积69%的山区为主要讨论对象,聚焦陆地表层过程、山地景观生态及相关问题,分八个主题深入探讨了中国景观生态学的发展方向。其中,第七个主题为:湿地景观与生态服务价值评估。可见在当前的景观生态学研究,如何将景观生态学的理论与方法应用于中国的湿地,特别是位于高原山地的湿地,是众多科学家关注的焦点和研究的热点。

1.1.2 湿地水文模拟及水文生态效应研究进展

1.1.2.1 湿地水文研究进展

水文过程在湿地的形成、发育、演替直至消亡的全过程中都起着直接而重要的作用。水文过程通过调节湿地植被、营养动力学和碳通量之间的相互作用而影响湿地地形的发育和演化,改变并决定了湿地下垫面性质及特定的生态系统响应(Mitsch and Gosselink, 2007)。湿地水文研究是认识其生态系统的过程、结构与功能的主要环节(邓伟和胡金明, 2003; Mitsch and Gosselink, 2000)。

湿地水文情势研究主要包括湿地降水的时空分异、湿地水文周期、湿地表层水流模式、湿地水温季节性变化、土壤湿度和地下水水位时空分异等内容。几乎每一项研究内容都离不开不同时空尺度下对湿地水循环各环节的观测。但是由于