

水 科 学 前 沿 丛 书

湿地生态水文与水资源管理

章光新 张 蕾 冯夏清 等 著
范 伟 董李勤



科学出版社

水科学前沿丛书

湿地生态水文与水资源管理

章光新 张 蕾 冯夏清 范 伟 董李勤等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从湿地生态水文与水资源管理研究过程中关注的理论方法和实践需求出发,以湿地水循环为基础,贯穿湿地的水文过程→生态水文过程→生态需水量→水资源管理整个研究思路,系统阐述了湿地生态水文学研究的关键问题与理论方法,创建了基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配置研究理论框架与方法体系,提出了气候变化对湿地生态水文的影响及水资源适应性管理策略研究框架,并成功应用到典型流域湿地水资源可持续利用与管理实践工作中,取得了良好效果。

本书可供湿地科学、生态水文学、环境科学、水文学及水资源等学科领域的科研工作者参考,也可作为大专院校相关专业高年级学生和硕士、博士研究生的教学参考书使用,并为林业、水利及环保等部门的管理者提供决策支持。

图书在版编目(CIP)数据

湿地生态水文与水资源管理/章光新等著. —北京:科学出版社, 2014. 10

(水科学前沿丛书)

ISBN 978-7-03-042162-3

I. ①湿… II. ①章… III. ①沼泽化地—生态环境—水文环境—研究
②沼泽化地—水资源管理—研究 IV. ①P931.7②TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 238925 号

责任编辑:朱海燕 李秋艳/责任校对:李 影

责任印制:肖 兴/封面设计:陈 敬

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



2014 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014 年 10 月第一次印刷 印张: 20 3/4

字数: 500 000

定价: 159.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《水科学前沿丛书》编委会

(按姓氏汉语拼音排序)

顾 问	曹文宣	陈志恺	程国栋	傅伯杰
	韩其为	康绍忠	雷志栋	林学钰
	茆 智	孟 伟	王 超	王 浩
	王光谦	薛禹群	张建云	张勇传
主 编	刘昌明			
常务副主编	徐宗学			
编 委	蔡崇法	常剑波	陈求稳	陈晓宏
	陈永灿	程春田	方红卫	胡春宏
	黄国和	黄介生	纪昌明	康跃虎
	雷廷武	李怀恩	李义天	林 鹏
	刘宝元	梅亚东	倪晋仁	牛翠娟
	彭世彰	任立良	沈 冰	王忠静
	吴吉春	吴建华	徐宗学	许唯临
	杨金忠	郑春苗	周建中	

《水科学前沿丛书》出版说明

随着全球人口持续增加和自然环境不断恶化，实现人与自然和谐相处的压力与日俱增，水资源需求与供给之间的矛盾不断加剧。受气候变化和人类活动的双重影响，与水有关的突发性事件也日趋严重。这些问题的出现引起了国际社会对水科学研究的高度重视。

在我国，水科学研究一直是基础研究计划关注的重点。经过科学家们的不懈努力，我国在水科学研究方面取得了重大进展，并在国际上占据了相当地位。为展示相关研究成果、促进学科发展，迫切需要对过去几十年国内外水科学不同分支领域取得的研究成果进行系统性的梳理。有鉴于此，科学出版社与北京师范大学共同发起，联合国内重点高等院校与中国科学院知名中青年水科学专家组成学术团队，策划出版《水科学前沿丛书》。

丛书将紧扣水科学前沿问题，对相关研究成果加以凝练与集成，力求汇集相关领域最新的研究成果和发展动态。丛书拟包含基础理论方面的新观点、新学说，工程应用方面的新实践、新进展和研究技术方法的新突破等。丛书将涵盖水力学、水文学、水资源、泥沙科学、地下水、水环境、水生态、土壤侵蚀、农田水利及水力发电等多个学科领域的优秀国家级科研项目或国际合作重大项目的成果，对水科学研究的基础性、战略性和前瞻性等方面的问题皆有涉及。

为保证本丛书能够体现我国水科学研究水平，经得起同行和时间检验，组织了国内多位知名专家组成丛书编委会，他们皆为国内水科学相关领域研究的领军人物，对各自的分支学科当前的发展动态和未来的发展趋势有诸多独到见解和前瞻思考。

我们相信，通过丛书编委会、编著者和科学出版社的通力合作，会有大批代表当前我国水科学相关领域最优秀科学研究成果和工程管理水平的著作面世，为广大水科学研究者洞悉学科发展规律、了解前沿领域和重点方向发挥积极作用，为推动我国水科学研究和水管理做出应有的贡献。

刘昌明

2012年9月

• i •

序

湿地是地球上重要的生态系统之一，在维护全球水量平衡和生物多样性、减轻洪涝灾害、改善水质和应对气候变化等方面发挥着极其重要的作用，支撑着人类的经济社会和生存环境的可持续发展。近几十年，在全球气候变化与人类活动影响的共同作用下，湿地-流域水文过程发生了深刻变化，导致湿地水资源短缺、水质恶化、面积萎缩和功能退化，已成为我国湿地水安全和生态安全面临的重大问题，影响并制约着我国经济社会的可持续发展，也是当前水生态文明建设亟须解决的重要课题。

21 世纪被喻为湿地保护与恢复的世纪。水是维持湿地生态系统稳定与健康的关键因子。湿地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。湿地生态水文研究是水资源可持续利用与管理的前提与基础，为湿地生态保护和恢复重建提供水文学依据。近 20 年来，以湿地保护与恢复对水文水资源需求为驱动，我国学者在湿地水文过程模拟及其生态效应、生态需水机理、生态需水量计算理论方法、生态补水与水资源管理等领域开展了大量研究工作，在湿地生态水文学研究理论方法、湿地水文恢复和水资源管理实践等方面取得了长足发展和丰硕成果，为湿地生态保护和恢复重建提供了重要的科技支撑。但在基于水循环模拟的流域湿地水资源管理、湿地地表水-地下水交互作用和气候变化对湿地生态水文的影响等领域的研究理论方法和实际应用方面相对薄弱，同时缺少对湿地生态水文与水资源管理领域的研究成果进行科学、系统的归纳总结，难以满足从事湿地科学研究科技工作者和管理者对湿地水文水资源专业知识的需求。

在此背景下，《湿地生态水文与水资源管理》一书从湿地生态水文与水资源管理研究过程中关注的理论方法和实践需求出发，全面、系统地总结并梳理了湿地生态水文学研究的关键问题与理论方法，强化了湿地地表水-地下水交互作用研究的理论方法，创建了基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配置研究理论框架与方法体系，提出了气候变化对湿地生态水文的影响及

水资源适应性管理策略研究框架，并成功应用到湿地水文恢复与水资源可持续利用实践工作中，取得了良好效果。因此，该专著是一部具有重要理论和应用价值的专著，丰富和发展了我国湿地生态水文学与水资源管理学的理论方法体系，可更好地服务于我国水资源可持续管理与水生态文明建设的战略需求。

中国工程院院士 刘兴土

2014年7月于长春

前 言

生态水文学是 20 世纪 90 年代以来兴起的一门交叉学科，重点研究陆地表层系统生态格局与生态过程变化的水文学机制，揭示陆生环境和水生环境植物与水的相互作用关系，回答与水循环过程相关的生态环境变化的成因与调控。生态水文学提出的背景之一就是人类面临淡水资源短缺日益严重、水质恶化和生物多样性减少等全球环境问题的挑战，而现有的水利工程技术难以有效解决这一问题，从而寻求的一种环境友好、经济可行、社会可接受的多维、有效的淡水资源可持续管理范式。生态水文学源于湿地生态系统管理和恢复的研究，逐渐发展成为研究多种生态系统、多个时空尺度的生态水文问题，其研究的理论方法与技术手段日臻成熟完善。21 世纪我国学者开始采用生态水文学概念并开展了相关研究工作，尤其在湿地生态系统、干旱区生态系统、河流生态系统和森林生态系统等领域取得了长足发展。当前，生态水文学是解决我国水资源短缺、水环境污染与水生态退化等日益严峻问题的重要工具，可更好地服务于我国水资源可持续管理和水生态文明建设的战略需求。

湿地具有重要的资源功能和生态功能，是水资源的载体、洪水的通道、生态环境的重要组成部分，对人类文明、经济发展和社会进步具有不可替代的作用。湿地水文过程在湿地形成、发育、演替直至消亡的全过程中都起主导作用，湿地水文过程研究是认知湿地水文规律、生态需水量核算、水文功能评估和水资源管理的前提和基础。同时，被誉为“地球之肾”的湿地是重要的天然蓄水库和水循环调节器，具有涵养水源、补充地下水、调蓄洪水、改善小气候、净化水质等重要水文功能，在维系流域水量平衡、减轻洪涝灾害、改善水质等方面发挥着极其重要的作用，支撑着人类的经济社会和生存环境的可持续发展。近几十年来，在全球气候变化和人类活动影响的共同作用下，湿地-流域水文过程发生了显著变化，导致湿地水文情势改变、水资源短缺和水质恶化，致使湿地面积大幅度萎缩、生态格局与过程发生巨大变化和生态服务功能急剧退化乃至丧失等诸多问题，已严重威胁到区域和国家的生态安全，引起国际社会与专家学者的普遍关注和高度重视，相继启动了湿地生态补水、水库调度、跨流域调水、洪水资源利用和湿地-河流水系连通等一系列以调控湿地水文水资源为主导的湿地生态恢复和保护工程。但如何揭示湿地水文过程与生态过程的相互作用关系及耦合机制，维持湿地合理水文情势，从流域（区域）尺度上合理调配水资源，满足湿地生态用水的需求，为湿地生态保护与恢复重建提供水文学依据和水资源保障，一直是湿地生态水文与水资源管理研究领域的关注焦点和国际前沿。为此，世界湿地日主题多次涉及湿地与水、湿地和水资源管理等有关议题，而且国际地圈-生物圈计划（IGBP）、国际水文计划（IHP）等都列有湿地生态水文与水资源研究议题。在此背景下，保护与恢复湿地生态系统也成为保障我国水安全和生态安全的重大战略需求，如何为湿地保护与恢复对水文水资源需求提供强有力的科技支撑是当前科技工作者面临的紧迫任务。为此，本书以科学目标为导向，国

家需求为牵引,丰富和发展我国湿地生态水文学研究理论与方法,探索变化环境下的湿地-流域水资源可持续利用与实践。

本书从湿地生态水文与水资源管理研究过程中关注的理论方法和实践需求出发,以湿地水循环为基础,贯穿湿地的水文过程→生态水文过程→生态需水量→水资源管理整个研究思路,按核心内容共分三部分。

第一部分为湿地生态水文学研究的关键问题与理论方法,包括第1、2、3、4、5章,全面系统地阐述了湿地生态水文学研究的重要性及前沿科学问题,明晰了湿地水循环过程、水循环要素监测分析方法与水循环模式分类,梳理了湿地水文要素、水文过程、水文情势基本内涵及与湿地生态响应之间的关系,总结了湿地水文过程模拟模型与水量平衡计算理论方法,并着重阐述了湿地水循环重要环节的地表水-地下水交互作用的研究内涵、影响因素、界面效应及其研究方法与模型等,是解决依赖地下水的湿地生态系统安全用水的关键;阐释了湿地生态水文物理过程、化学过程及其生态效应,探讨了多时空尺度的湿地水文过程与生态格局、过程的耦合特征及相互作用关系,在此基础上,提出了湿地生态水文模型的构建方法;系统阐述了湿地生态需水量的概念、内涵及特征,分析了国内外湿地生态需水研究的发展历程及动态,归纳总结了湿地生态需水量计算方法;在介绍相应理论方法的同时,分别列举了湿地水文过程模拟、湿地SW-GW交互作用、湿地水文过程的生态效应、湿地生态水文模型及湿地生态需水量计算等典型应用案例。

第二部分为基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配量,为第6章,随着全球人口剧增和经济的高速发展,经济社会用水量不断增加,过度挤占或挪用湿地生态用水的现象时常发生,致使湿地生态需水量得不到基本保障,导致湿地严重退化乃至消失,影响和危及着区域生态安全和社会经济的可持续发展。为了解决湿地缺水危机,维系稳定健康的湿地生态系统,如何在流域水资源配置中保证合理的湿地生态用水量成为一个迫切需要解决的重要问题。为此,创建了基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配置研究理论框架和方法体系,即把湿地作为重要的水文单元纳入到流域水资源综合管理中,建立流域与湿地之间的水文联系,构建流域湿地水文模型,实现流域水文模型与湿地水文模型的耦合,并通过水文模型对流域水资源和湿地生态需水进行模拟计算,创新湿地生态需水量计算的理论与方法,提出优先考虑湿地生态用水的流域湿地水资源合理配置方案,实现“人-水-湿地”的和谐,并将之应用到东北地区乌裕尔河流域-扎龙湿地水资源合理配置实践中,取得了良好成效。

第三部分为气候变化对湿地生态水文的影响及水资源适应性管理,为第7章,以探索气候变化对湿地生态水文的影响研究理论和方法为出发点,在回顾气候变化对湿地水文-生态过程的影响、气候变化情景下湿地生态水文模型构建和气候变化对湿地生态需水量的影响预测等国内外研究动态的基础上,提出了气候变化对湿地生态水文的影响及水资源适应性管理策略研究框架。以湿地集中分布区的东北嫩江流域为研究对象,定量评估了气候变化对流域水文过程的影响贡献率,揭示了流域湿地景观演变的水文驱动机制,预测了未来气候变化情景下的流域湿地生态需水量变化趋势,综合提出了流域湿地水资源适应性管理策略。

全书的撰写和出版得到了水利部公益性行业科研专项(201401014)、吉林省重点科

技攻关项目 (20130206012SF)、国家重点基础研究发展计划“973”(2010CB428404)、国家自然科学基金 (41371108)、中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-Q06-2) 等项目的大力支持, 谨此一并致谢!

全书由章光新提出研究工作的总体思路和总体框架设计, 并制定编写提纲、撰稿、统稿和定稿。张蕾参加了本书的统稿工作, 李然然参加了本书部分稿件的整理工作。具体撰写分工如下。

- 第 1 章 章光新
- 第 2 章 章光新 李峰平 范 伟
- 第 3 章 范 伟 章光新
- 第 4 章 张 蕾 邓春暖 李红艳 章光新
- 第 5 章 张 蕾 冯夏清 孙 爽
- 第 6 章 冯夏清 章光新
- 第 7 章 董李勤 章光新

本书提出的有关理论方法和研究框架, 旨在抛砖引玉, 为湿地生态水文学与水资源管理学的研究和发展提供新的思路。由于本书涉及的内容广泛、学科交叉, 作者研究时间和认识水平有限, 疏漏之处在所难免, 敬请读者不吝指正。

作 者

2014 年 7 月

目 录

《水科学前沿丛书》出版说明

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 湿地与水文	1
1.1.1 水文在湿地中的重要性	1
1.1.2 湿地与水文循环	4
1.2 湿地与水安全	4
1.2.1 保障水源安全, 优化水资源配置	5
1.2.2 提供储水空间, 调蓄洪水	5
1.2.3 降解污染, 净化水质	6
1.3 湿地退化的水问题	7
1.3.1 湿地水资源短缺, 水文情势改变	8
1.3.2 湿地水环境污染, 水质恶化	10
1.4 研究的意义及热点	12
1.4.1 湿地生态保护与恢复重建的前提和基础	12
1.4.2 流域(区域)水资源综合管理的需求	13
1.4.3 应对气候变化的战略需求	14
1.4.4 研究热点及科学前沿	15
参考文献	17
第 2 章 湿地水循环与水文过程模拟	22
2.1 湿地水循环	22
2.1.1 湿地水循环概述	22
2.1.2 湿地水循环要素	24
2.1.3 湿地水循环模式	31
2.2 湿地水文情势	34
2.2.1 研究内涵及表征指标	34
2.2.2 湿地水文周期	35
2.3 湿地水文过程模拟	37
2.3.1 湿地水量平衡	37
2.3.2 湿地水文过程模拟研究进展	42
2.3.3 湿地水文过程模拟研究实例	46
参考文献	49

第3章 湿地地表水-地下水交互作用	56
3.1 湿地 SW-GW 的相互影响及意义	56
3.2 湿地 SW-GW 交互作用的内涵	57
3.2.1 SW-GW 交互作用尺度	57
3.2.2 湿地 SW-GW 交互作用基本模式	58
3.2.3 湿地 SW-GW 交互作用的水动力学机制	59
3.3 湿地 SW-GW 交互作用的影响因素	60
3.3.1 地形地貌	60
3.3.2 水文地质条件	61
3.3.3 气候变化	61
3.3.4 人类活动	63
3.4 湿地-地下水交互带及其界面效应	63
3.4.1 湿地-地下水交互带提出的背景	63
3.4.2 湿地-地下水交互带的定义	65
3.4.3 湿地-地下水交互系统的水力分带	65
3.4.4 湿地 SW-GW 交互带的环境界面效应	77
3.5 湿地 SW-GW 交互作用的研究方法	82
3.6 湿地 SW-GW 交互作用模型	84
3.6.1 湿地 SW-GW 交互作用分布式模型	84
3.6.2 基于湿地水文特性的模型思考	87
3.7 查干湖湿地 SW-GW 交互作用	88
3.7.1 查干湖历史沿革及现状问题	88
3.7.2 查干湖地表水及地下水水文情势	90
3.7.3 查干湖 SW-GW 交互作用	93
参考文献	106
第4章 湿地生态水文过程与模型	114
4.1 湿地生态水文过程	114
4.1.1 生态水文物理过程	115
4.1.2 生态水文化学过程	117
4.1.3 水文过程的生态效应	118
4.2 湿地植被对水文水质条件变化的响应	119
4.2.1 水文情势与水质变化对湿地植被影响的研究动态	119
4.2.2 莫莫格湿地植被对水文水质条件变化的响应	121
4.3 湿地生态水文模型构建方法	127
4.3.1 湿地生态水文模型概述	127
4.3.2 湿地生态水文模型的构建方法	128
4.4 湿地生态水文模型的应用案例	135
4.4.1 GIS、RS 技术支持下的湿地生态水文模型	135
4.4.2 湿地水力-水质耦合模型	136

4.4.3	湿地水文-水动力-生态综合模型	142
4.4.4	依赖地下水的湿地生态水文模型	145
	参考文献	148
第 5 章	湿地生态需水理论方法与应用	153
5.1	湿地生态需水量的概念及特征	153
5.1.1	湿地生态需水量的概念	153
5.1.2	湿地生态需水量的特征	154
5.2	湿地生态需水量计算理论与方法	156
5.2.1	湿地生态需水的相关理论	156
5.2.2	湿地生态需水量计算方法	158
5.3	湿地生态需水研究进展	163
5.3.1	国外湿地生态需水研究进展	163
5.3.2	国内湿地生态需水研究进展	164
5.3.3	湿地生态需水研究展望	168
5.4	查干湖湿地生态需水与调控	169
5.4.1	查干湖湿地水文要素分析	169
5.4.2	查干湖湿地生态保护目标	176
5.4.3	查干湖湿地生态水位计算	177
5.4.4	查干湖湿地生态需水量计算	179
5.4.5	不同情景下查干湖湿地生态需水调控方案	180
	参考文献	186
第 6 章	基于水循环模拟的流域湿地水资源合理配置	189
6.1	流域湿地水资源合理配置的理论基础与技术方法	189
6.1.1	概念与内涵	190
6.1.2	基础理论与技术方法	191
6.1.3	研究框架与主要内容	196
6.2	流域湿地水资源合理配置研究案例概述	198
6.2.1	研究背景	198
6.2.2	研究区概况	199
6.3	流域湿地水循环模拟	200
6.3.1	流域水文特征及径流模拟	200
6.3.2	湿地水文情势分析	211
6.3.3	湿地水文模块构建	219
6.3.4	湿地水文过程模拟	227
6.4	基于水循环模拟的湿地生态需水量计算	231
6.4.1	湿地生态保护目标的确定	231
6.4.2	湿地适宜生态水深的确定	234
6.4.3	湿地生态需水量计算	240
6.5	流域湿地水资源合理配置	244

6.5.1	流域水资源及其开发利用	244
6.5.2	流域水资源供需分析	248
6.5.3	流域湿地水资源合理配置	251
参考文献		255
第7章 气候变化对湿地生态水文的影响及水资源适应性管理		259
7.1	气候变化对湿地生态水文的影响研究理论与方法	259
7.1.1	气候变化对湿地生态-水文过程的影响研究	260
7.1.2	气候变化背景下湿地生态水文模型	261
7.1.3	气候变化对湿地生态需水量的影响预测	262
7.1.4	气候变化对湿地生态水文的影响研究框架	264
7.2	气候变化对流域湿地水文水资源的影响及适应对策研究案例概述	264
7.2.1	研究背景及目的意义	264
7.2.2	研究区概况	266
7.3	气候变化对流域水文过程的影响及定量评估	267
7.3.1	气候变化特征分析	267
7.3.2	气候变化对水文特征的影响	274
7.3.3	气候变化对径流变化的贡献率分析	281
7.4	流域湿地景观演变及水文驱动机制分析	286
7.4.1	湿地景观演变特征	286
7.4.2	湿地景观演变的水文驱动机制分析	292
7.5	气候变化对流域湿地生态需水量的影响预测	297
7.5.1	生态水文数据准备	297
7.5.2	不同排放情景下气候变化趋势	297
7.5.3	不同排放情景下湿地生态需水量预测	300
7.6	流域湿地水资源适应性管理策略	302
7.6.1	流域水资源及其开发利用	302
7.6.2	流域水资源供需分析	304
7.6.3	流域湿地水资源适应性管理策略	308
参考文献		311

第1章 绪 论

湿地生态水文研究是水资源可持续利用与管理的前提与基础，为湿地生态保护和恢复重建提供水文学依据，对流域（区域）水资源管理、生态平衡维护以及应对全球气候变化等具有极其重要的意义，是目前国际科学计划湿地领域积极鼓励研究的重要课题。在全球气候变化与人类活动的双重影响下，湿地-流域水文过程发生了深刻的变化，湿地水文情势改变、水资源短缺和水质恶化，导致湿地面积萎缩、功能退化乃至丧失等诸多问题已引起国际社会与专家学者的普遍关注和高度重视，如何维持湿地合理的水文情势、调配湿地生态用水，为应对气候变化、保护与恢复湿地提供水资源安全保障已成为湿地水文水资源研究领域的焦点。

本章在介绍水文在湿地科学研究中的重要性以及湿地在维护流域（区域）水安全所发挥重要作用的基础上，阐述了典型湿地退化的主要水问题，指出了加强湿地生态水文调控和水资源管理是湿地保护与恢复的前提基础、水资源可持续利用的重要保障和应对气候变化的战略需求等议题，最后归纳和凝炼了湿地生态水文与水资源管理研究的热点及科学前沿问题。

1.1 湿地与水文

1.1.1 水文在湿地中的重要性

湿地发育于水、陆环境过渡地带，具有独特的水文过程，创造了不同于陆地和水生生态系统的环境条件，进而影响湿地生态系统的结构与功能。对于湿地而言，没有水，就没有湿地，水是湿地的“血液”。良好的湿地生态系统是依赖供给水的数量和质量来维持的，湿地水文循环在湿地形成、发育、演替直至消亡的全过程中起着决定性的作用（章光新等，2001）。周期性水文过程、湿生植被与水成土壤构成了湿地的三大要素，湿地植被类型、格局及演替是其与气候、水文以及地貌、土壤等环境要素相互作用的结果（Fan and Gonzalo, 2011; Todd et al., 2010; 陈宜瑜和吕宪国, 2003）。在湿地的三大特征中，湿地水文是决定性因素，对土壤环境、物种分布及植被组成具有先决作用（吕宪国和刘晓辉，2008）。湿地水文、植被和土壤是定义和识别湿地的3项指标，其中湿地水文是控制湿地发生、类型分异和维持湿地存在的最基本因子，促成其他2个湿地特征的形成（贾忠华等，2001）。因此，水文是湿地定义和湿地分类最基本也是最重要的因子（邓伟和胡金明，2003）。

湿地系统的特性决定了其是一个非常敏感的水文系统，湿地水文过程被认为是决定各种湿地类型形成与维持的唯一最重要的因素。湿地水文过程可直接、显著改变湿地诸如营养物质和氧的可获取性、土壤盐渍度、pH 和沉积物特性等物理化学环境，影响物

种的组成和丰富度、初级生产力、有机物质的积累、生物分解和营养循环及使用，进而影响湿地的类型、结构与功能，控制着湿地生态系统的形成和演化。反过来，湿地生物组成通过多种机制对湿地水文及理化环境进行反馈作用，从而影响控制湿地水文过程，见图 1.1 (Mitsch and Gosselink, 2007)。此外，湿地水文过程还直接制约着湿地的径流调蓄、地下水补给、调节小气候等水文功能，通常湿地水文功能利用水文情势（如水深均值、方差和变化率）、地下水交换量和蒸散发（ET）等来评估 (McLaughlin and Cohen, 2013)。大量研究表明，湿地水文研究是湿地研究领域重要的议题，不论是恢复还是保护湿地，恢复和维持湿地自然、合理的水文情势是前提条件。气候变化与人类活动引起的湿地水文情势改变是导致湿地生态系统退化的关键因素，主要表现在湿地水文情势变化对景观格局、植被分布与群落组成、水禽生境等方面产生了深刻的影响。近年来，国内外学者就水文情势变化如何影响湿地植物生理生态、物种丰富度、群落结构与演替和植被动态等方面开展了大量研究工作（章光新，2012b；张丽丽等，2012；Milzow et al. , 2010；Todd et al. , 2010；Barrett et al. , 2010；王丽等，2009；崔保山等，2006；刘永等，2006；Hudon et al. , 2006；Magee and Kentula, 2005；吴春笃等，2005），并针对湿地水文情势变化对水鸟觅食、筑巢和繁殖等不同行为的影响也开展了一系列研究，认为湿地水深是影响水鸟栖息地选择的首要考虑因素（Wang et al. , 2009；Jean et al. , 2006；Thomas et al. , 2002），上述研究成果可为湿地水文情势恢复和水资源管理提供科学依据与决策支持，进而保证湿地生态系统的稳定健康和良性循环，具有重要的现实意义。

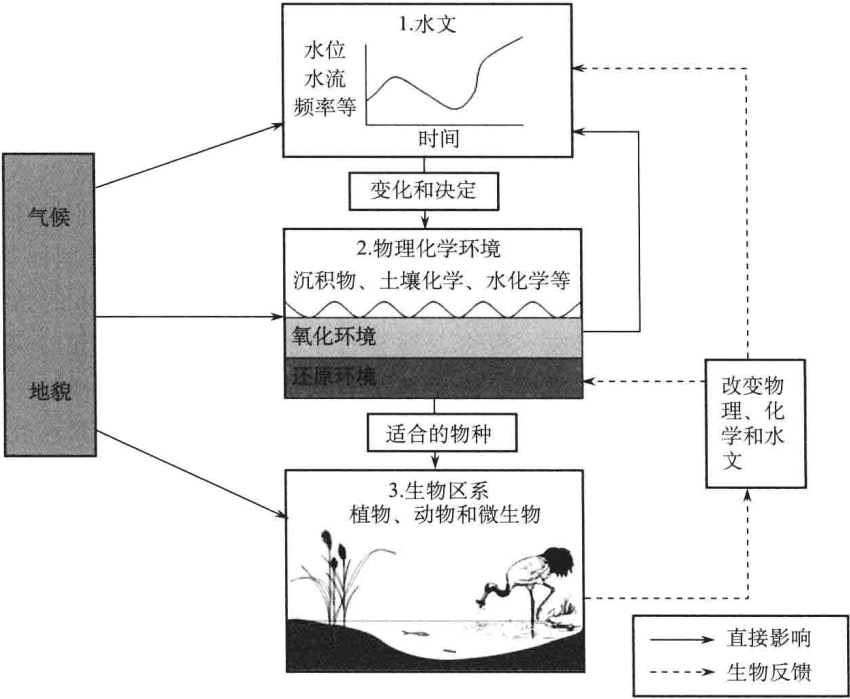


图 1.1 水文对湿地功能的影响以及生物对湿地水文影响反馈的概念图

气候、地形地貌和地质条件是决定自然湿地水文的主要控制因素。Fan 和 Gonzalo

(2011) 提出了水文控制湿地的一个简单的概念模型 (图 1.2), 用来说明不同气候-排水状况组合下水文对湿地的控制。从左到右, 气候条件由冷湿的高原气候变为暖干的沿海气候; 地势条件由陡峭的高坡变为平缓的洼地; 土壤由浅层基岩变为厚厚的砂质海岸平原沉积物。气候、地形和地质条件的过渡转变导致水文条件的过渡改变, 由左侧的局部径流到右侧的区域地表、地下汇集。反过来, 水文条件的过渡变化导致了湿地形成机制的不同。

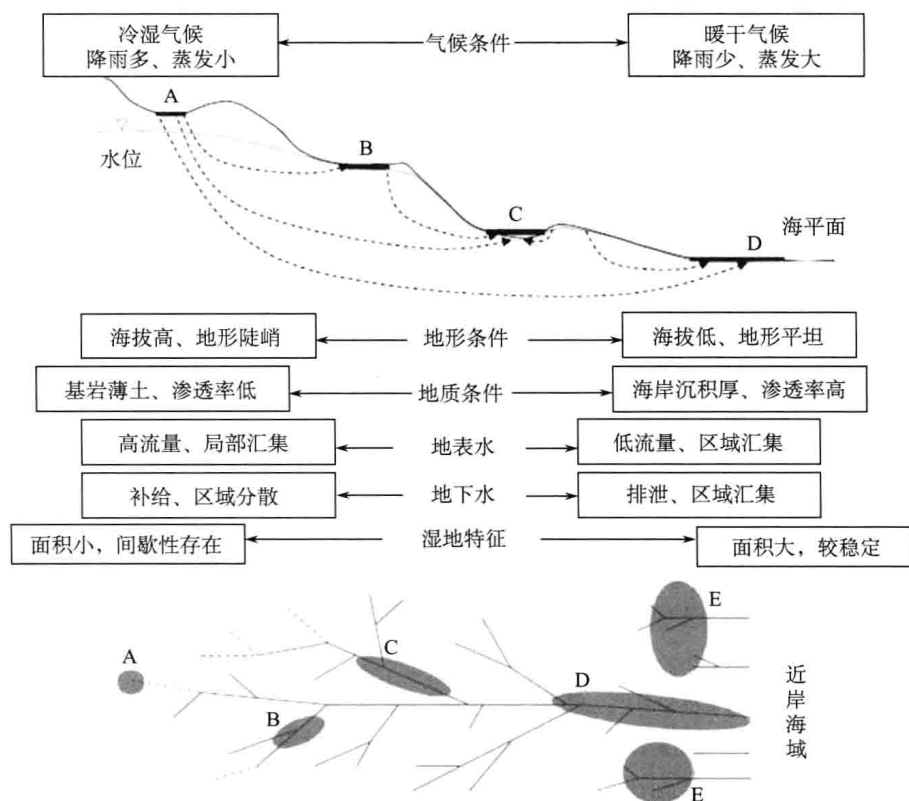


图 1.2 沿气候和排水梯度水文控制湿地示意图

湿地-A: 依靠降水和局部地表径流补给; 湿地-D: 依靠地表汇聚但由潜水位支持;

湿地-E: 依靠地下水补给, 位于区域地下水汇聚区;

湿地-B 和湿地-C: 介于端元之间的连续体

湿地水文景观由地下水、地表水、大气降水及其相互间的水力联系特征综合界定, 取决于其所在的地理位置和气候条件。Winter (1988) 首次提出水文景观的概念以来, 水文景观思想先后被应用于非潮汐湿地的累积影响和湿地水文研究。Winter (2000, 2001) 将水文景观划分为山地、高原、河流、丘状冰川、内陆水系开阔盆地和平坦海岸六大类景观, 并指出所有的湿地对气候变化的脆弱性都处于两个极端之间: 水源以大气降水为主的湿地对气候变化高度脆弱; 而受区域地下水补给的湿地对气候变化的脆弱性最低。气候变化通过改变湿地水文特征来影响湿地整个生态系统, 湿地对气候变化的脆弱性取决于湿地在水文景观中所处的位置。潘响亮等 (2003) 从水文景观视角对东北地区的典型湿地进行了分类, 依据水文景观特征将东北地区的湿地所发育的景观分为冰蚀