



全球环境基金-联合国开发计划署
中国湿地生物多样性保护与可持续利用项目成果丛书

国家林业局GEF湿地项目办公室 编

洪河国家级自然保护区 水资源恢复与管理研究



科学出版社
www.sciencep.com

全球环境基金-联合国开发计划署
中国湿地生物多样性保护与可持续利用项目成果丛书

洪河国家级自然保护区 水资源恢复与管理研究

国家林业局 GEF 湿地项目办公室 编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书内容为联合国开发计划署 (UNDP)、全球环境基金(GEF)和中华人民共和国政府共同发起的“中国湿地生物多样性保护与可持续利用”项目成果之一。本研究旨在为洪河国家级自然保护区提供一个水资源恢复与管理的综合解决方案。本书是该项研究部分成果的总结, 全书共分9章: 第1章为绪论, 概述了本研究的相关背景信息; 第2章为洪河保护区及周边地区水资源评价研究; 第3章为洪河保护区水资源需求量及补给量潜力研究; 第4章为洪河保护区水资源恢复方案设计研究; 第5章为洪河保护区水资源监测与管理方案研究; 第6章为水资源监测与管理培训需求分析; 第7章为地理信息系统使用说明; 第8章为数学模型的构建及其计算机软件使用说明; 第9章为研究结论与建议。

本书适合从事湿地水资源恢复与管理方案开发的设计人员参考使用, 同时也可供湿地科学、环境科学与工程、水文与水资源等相关专业方向的研究工作者参阅。

图书在版编目(CIP)数据

洪河国家级自然保护区水资源恢复与管理研究 / 国家林业局GEF湿地项目办公室编. —北京: 科学出版社, 2008

(全球环境基金-联合国开发计划署中国湿地生物多样性保护与可持续利用项目成果丛书)

ISBN 978-7-03-022638-9

I. 洪… II. 国… III. 水资源管理-研究-黑龙江省 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 106825 号

责任编辑: 张会格 沈晓晶 李 锋 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

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>

天 时 彩 色 印 刷 有 限 公 司 印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 9 月 第 一 版 开本: B5 (787×1092)

2008 年 9 月 第一次印刷 印张: 10 1/4

印数: 1—1 000 字数: 183 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

《洪河国家级自然保护区水资源恢复 与管理研究》编委会

主 任：刘国强

副主任：严承高 王凤友 郭寅峰

编 委：袁 军 王隆富 廖成章

张晓云 吴浩瀚 李 生

陈康娟 吴 琼 代玉丽

崔光范

统 稿：刘正茂

洪河国家级自然保护区水资源恢复 与管理研究

本研究主持单位：黑龙江农垦勘测设计研究院

本研究参加单位：中国科学院东北地理与农业生态研究所
黑龙江洪河国家级自然保护区管理局

本研究主要参加人员：

赵春辉(项目负责人)

陈琴笙(项目技术负责人)

刘景瑞 夏广亮 郭大本

王 清 孟凡光 刘正茂

吕宪国 邓 伟 刘红玉

宋长春 董树滨

前 言

洪河国家级自然保护区于 1984 年建立,是黑龙江三江平原上成立最早的湿地保护区,在维持具有全球重要意义的湿地生物多样性方面发挥了重要作用。该保护区于 2002 年 1 月被列入国际重要湿地名录。近二十多年来,由于周边地区水利工程设施的建设和井灌水田的迅速发展等原因,导致该保护区湿地生态需水短缺、水环境污染和生态功能退化现象日趋严重,如何恢复和管理好其水资源成为各界关注该保护区的焦点。

在联合国开发计划署(UNDP)、全球环境基金(GEF)和中华人民共和国政府共同发起的“中国湿地生物多样性保护与可持续利用”项目中,针对洪河保护区水资源恢复问题设计了一个子项目:洪河国家级自然保护区水资源恢复与管理研究。该项目由主持单位黑龙江农垦勘测设计研究院及其协作单位中国科学院东北地理与农业生态研究所和黑龙江洪河国家级自然保护区管理局自 2001 年 11 月开始执行,历时 18 个月。在有关各方的共同努力下,该研究获取了大量宝贵的科学资料和数据,为洪河国家级自然保护区制定了一个综合的水资源恢复与管理方案。

本研究主要针对洪河保护区水资源退化原因及退化过程、水资源现状、水资源需求过程、水资源恢复与管理方案、水资源监测能力建设等领域,详细深入地开展了六项具体的研究工作:第一,洪河保护区及周边地区水资源评价研究;第二,洪河保护区水资源需求量与补给量研究;第三,洪河保护区水资源恢复方案设计研究;第四,洪河保护区水资源监测与管理方案研究;第五,开发了水文动态数学模型;第六,开发了与水资源管理有关的地理信息系统。

研究过程中,以丰富的第一手勘测规划设计数据、水文测验数据、地下水资源观测数据、水环境质量监测数据,全面深入地分析和展示了该保护区湿地水资源和生境退化的原因和过程。本研究创造性地视保护区为一个生态水库,引入动态需水量与静态需水量的概念;基于当前状态和恢复目标状态两个目标层,对下垫面环境进行了合理的区分,为湿地蒸发量计算提供了新的计算方法;通过大量退化湿地土壤水文物理特性的试验确定了湿地土壤需水量计算参数;结合本区水文地质特征,合理确定了保护区弱承压水参与湿地蒸发过程中的比例参数和地表水下渗补充地下水的比例参数;基于不同的降水频率,在维持保护区现状、恢复目标状态和过程等不同情景下,对保护区进行了水资源需求量和补给量的分析与计算。通过规划和设计一个平原水库,并将其改造设计成两个串联的人工湿地生态氧化塘,利用沼泽湿地土壤-水生植物-附着微生物-水生动物复合生态系统在

脱氮除磷方面的功能,开发了在水量水质双重制约条件下的湿地水资源恢复方案。通过分析相关水资源管理与监测现状,识别水资源相关利益方可能带来的风险行为,有针对性地开发设计了水资源监测与管理方案,是洪河保护区管理局今后实施湿地补水的重要技术指南。

本研究开发出来的洪河国家级自然保护区水资源恢复与管理方案已于 2005 年在国家发展和改革委员会正式立项,并于 2006 年开始付诸实施。研究成果能被真正转变成实践,并发挥其应有的经济、社会和生态效益,这正是本研究成果的意义所在,也是本书能付诸出版的真正原因。

本书是退化湿地水资源恢复科学实践的总结。本研究成果所提供的理论、技术和方法可为三江平原其他退化湿地(如三江、挠力河、兴凯湖、七星河、安邦河、大佳河、珍宝岛等湿地)自然保护区水资源恢复与管理提供很好的借鉴,同时,为全国其他退化湿地水资源恢复与管理方案的开发提供有意义的参考。

由于受时间和水平的限制,书中难免存在疏漏之处,敬请各位读者指正。

国家林业局 GEF 湿地项目办公室

2008 年 5 月

Preface

Honghe National Nature Reserve (HNNR), established in 1984, is the earliest wetland nature reserve in Sanjiang Plains of Heilongjiang Province, in the northeast of China. It plays a significant role in maintaining wetland biodiversity at the global scale since many rare and endangered waterbirds, including red-crowned crane *Grus japonensis*, white-naped crane *G. vipio* and oriental white stork *Ciconia boyciana* stop over or breed at this site every year. It was designated as a Wetland of International Importance under the Ramsar Convention in January 2002. However, over the last two decades, many problems have emerged such as shortage of ecological water supply, water pollution and ecosystem degradation due to the construction of hydrological engineering projects and rapid growth of irrigated farmlands using surface water and groundwater resources. Therefore, the question of how to restore and manage water resources in this wetland has attracted the attention of the managers of HNNR.

The “Wetland Biodiversity Conservation and Sustainable Use in China” project carried out under the auspices of the United Nations Development Programme (UNDP), the Global Environment Facility (GEF) and the People’s Republic of China (PRC), undertook a study on water resources restoration and management in HNNR to address the water restoration problem within the area. This study was launched in November 2001 by the lead agency, the Heilongjiang Academy of Agricultural Reclamation and Planning, together with the cooperating agencies—the Northeast Institute of Geography and Agro-ecology of the Chinese Academy of Sciences, and HNNR Administration. Through the joint efforts of the relevant parties during a period of 18 months, this study collected a lot of scientific data and information, and developed a comprehensive plan for water resource restoration and management for HNNR.

This study focused on the underlying causes and processes of water degradation, the status of water resources, the process for determining water requirement, water restoration and management planning, and capacity building for water monitoring for HNNR. Specifically, detailed studies were carried out on the following six topics as: ① water resource assessment in and around HNNR, ② water requirement and replenishment in HNNR, ③ water restoration program in HNNR, ④ water resources

monitoring and management scheme in HNNR, ⑤ development of dynamic hydrological mathematical model, and ⑥ development of a GIS related to water management.

A wide range of first-hand data covering water exploration and planning, hydrological testing, underground water observations, and water quality monitoring was used to analyze and determine the underlying causes and processes of water and habitat degradation in the wetland areas of HNNR. Major results included: ① introducing the concept of dynamic and static water requirement through considering the nature reserve as an ecological reservoir, ② making a proper division of the wetland surfaces based on (a) existing status and (b) target restoration status, to provide a new method for calculating wetland evaporation, ③ defining the parameters for calculating the water requirement for wetland soils through field experiments on the hydrological and physical properties of degraded wetland soils, ④ identifying the proportion of weakly-confined water involved in wetland evaporation, as well as the proportion of surface water involved in infiltrating and recharging the underground water by studying the hydrological and geological properties of this area, ⑤ analyzing and calculating the water requirement and replenishment in the nature reserve according to various precipitation frequencies, and under different scenarios of maintaining the current status, and achieving the targeted restoration status, ⑥ developing a wetland water restoration scheme under the constraints of both water quality and quantity by constructing a man-made ecological oxidation pond and by fully leveraging the functions of compound ecosystems (wetland soil-aquatic plants-microorganism-aquatic animals) in removing nitrogen and phosphorous, and ⑦ preparing a water monitoring and management plan for the nature reserve that will be a useful technical guideline for HNNR Administration for implementing water replenishment in the wetland areas, for assessing the water management and monitoring status, and for identifying the potential risks that might be brought about by the relevant stakeholders.

The research output, “Water Restoration and Management Plan for HNNR” was adopted by the National Development and Planning Commission of China in 2005 with implementation commencing in 2006. The value of the research outputs lies in its practical application in planning and management and in its linkage to economic, social and ecological benefits.

This publication documents the scientific practices used as the basis for restoring the water resources of this degraded wetland. It is hoped that these methodologies and

technologies will provide a useful reference for water restoration and management in other degraded wetland nature reserves in Sanjiang Plains, such as Sanjiang, Naoli River, Xingkai Lake, Qixing River, Anbang River, Dajia River and Zhenbao Island. It should also provide valuable guidance on developing water restoration and management plans for other degraded wetland areas in China.

GEF Wetland Project Office, the State Forestry Administration of China
May 2008

目 录

前言

Preface

第 1 章 绪论	1
1.1 自然保护区简介	1
1.2 三江平原主要湿地资源及其环境问题综述	2
1.2.1 三江平原主要湿地资源状况	2
1.2.2 三江平原湿地破坏所引发的主要生态环境问题	2
1.3 洪河国家级自然保护区简介	3
1.4 洪河国家级自然保护区所面临的问题	3
1.4.1 地表水与地下水资源短缺	3
1.4.2 水环境污染	4
1.4.3 湿地生态功能退化	4
1.5 湿地水资源评价、生态需水和恢复研究进展	4
1.5.1 水资源评价	4
1.5.2 生态需水	5
1.5.3 湿地恢复	5
1.6 本课题的来源与研究意义	6
1.6.1 课题来源	6
1.6.2 课题研究内容	7
1.6.3 课题研究的意义	8
第 2 章 洪河保护区及周边地区水资源评价研究	9
2.1 洪河保护区及周边地区地表水资源评价	9
2.1.1 地表水资源评价范围	9
2.1.2 评价区域内自然地理特征	9
2.1.3 区域面积及分布状况	10
2.1.4 有关水文关键参数的获取方法	11
2.1.5 保护区主要水文要素计算	13
2.1.6 地表水资源量	16
2.1.7 评价区地表水资源产生量	16
2.1.8 地表水资源评价	17

2.2	地下水资源评价	18
2.2.1	地下水资源评价范围	18
2.2.2	评价方法	18
2.2.3	建三江分局各农场近五年水田面积与用水量情况	18
2.2.4	建三江分局各农场 2002 年地下水开采强度分析	19
2.2.5	地下水开采强度对地下水位的影响	19
2.2.6	地下水开采对洪河保护区周边农场地下水位影响情况	20
2.2.7	地下水资源开发利用评价结论	21
2.3	地下水资源与地表水资源耦合评价	21
2.3.1	耦合评价水位观测站的设立	21
2.3.2	观测站点的地下水位变化曲线	21
2.3.3	耦合评价的结果与分析	27
2.4	地表水与地下水的水质评价	27
2.4.1	水质监测	27
2.4.2	水质评价结果与分析	27
2.4.3	结论与建议	33
2.5	本章小结	33
第 3 章	洪河保护区水资源需求量及补给量潜力研究	34
3.1	水资源需求量	34
3.1.1	静态需水量	34
3.1.2	动态需水量	36
3.2	当前状态下水资源补给量	41
3.2.1	自身降水补给量	41
3.2.2	潜水或弱承压水参与蒸发补给量	42
3.3	水资源需求量与补给量平衡状况分析	42
3.3.1	维持现状的水资源供需平衡分析	42
3.3.2	由现状过渡到近似原始状态过程的水资源需求量分析	43
3.3.3	维持近似原始状态的水资源供需平衡状况分析	43
3.3.4	维持现状和近似原始状态对应的水资源动态需求量的 比较分析	43
3.4	周边来水量潜力分析	44
3.5	本章小结	44
第 4 章	洪河保护区水资源恢复方案设计研究	45
4.1	水资源恢复方案设计原则与技术路线	45
4.1.1	设计原则	45

4.1.2 技术路线	46
4.2 水资源恢复方案设计的工程范畴	47
4.2.1 水源工程设计	47
4.2.2 水源水的水质净化工程	52
4.2.3 水位控制与排泄工程	55
4.2.4 防洪加固工程	55
4.3 水资源恢复工程量及投资估算	57
4.3.1 水源与水源水质净化工程	57
4.3.2 水位控制与排泄工程	59
4.3.3 浓江堤防工程加固部分	59
4.4 水资源恢复工程的经济损益分析	60
4.4.1 总投资	60
4.4.2 经济损失分析	60
4.4.3 经济效益分析	60
4.4.4 累计经济损益分析	61
4.4.5 投资回收期	61
4.5 水资源恢复工程实施后的生态环境效益与目标预测	62
4.5.1 生态环境效益	62
4.5.2 水资源恢复目标预测	62
4.6 水资源恢复方案可行性综合分析	63
4.6.1 恢复目标水位的合理性	63
4.6.2 蓄水坝建立的必要性与可行性	66
4.6.3 补水方案的可行性	66
4.6.4 规划平原水库和蓄水坝建设的可行性分析	68
4.7 本章小结	68
第 5 章 洪河保护区水资源监测与管理方案研究	70
5.1 水资源监测与管理现状	70
5.1.1 黑龙江垦区水资源管理部门	70
5.1.2 洪河国家级自然保护区管理局	70
5.2 水资源监测与管理的目的	71
5.3 水资源监测与管理的机构和职责	72
5.3.1 建立有效的组织结构	72
5.3.2 开展洪河保护区水资源监测与管理	72
5.3.3 建立水资源监测数据与信息的共享制度	73
5.3.4 建立基于农业开发和湿地生物多样性保护综合决策机制	73

5.3.5	开发附近农户生计替代方案	73
5.4	水文测验站建设方案布局	74
5.4.1	洪河保护区水文站布局	74
5.4.2	浓江河下游水文站布局	74
5.4.3	水文测验仪器、人员和办公设施配置及投资	77
5.4.4	主要操作规范	77
5.4.5	水文测站的管理方式	77
5.5	地下水观测井建设方案	78
5.5.1	地下水观测井位置布局	78
5.5.2	地下水位观测仪器配置	78
5.5.3	操作规范	78
5.6	水质监测方案	79
5.6.1	水质监测的目的	79
5.6.2	水质监测运作方式	79
5.6.3	监测时间和频率	79
5.6.4	水质监测采样布点	79
5.6.5	操作规范	80
5.7	水资源监测与管理的最终目标	80
5.8	本章小结	80
第 6 章	水资源监测与管理培训需求分析	82
6.1	背景	82
6.2	目的	82
6.3	现存问题分析	82
6.3.1	洪河保护区缺乏水资源监测与管理的能力和行	82
6.3.2	大规模的地下水开采对保护区水资源产生了一定的影响	83
6.3.3	水资源的科学配置和农业产业结构战略性调整尚需完善	83
6.3.4	在水资源、环境保护、林业和土地管理部门间缺乏有效的 合作机制	83
6.4	水资源监测与管理培训活动的回顾	83
6.5	培训对象的识别	84
6.5.1	培训对象的识别原则	84
6.5.2	培训对象	84
6.6	培训内容	85
6.7	培训师资	85
6.8	培训方式	85

6.9 培训活动安排	86
第7章 地理信息系统使用说明	87
7.1 简介	87
7.2 开发思路和技术难点	87
7.2.1 采用的主要编程工具	87
7.2.2 使用的编程语言	90
7.3 洪河国家级自然保护区水资源恢复信息系统的特点和功能	91
7.3.1 思路新颖, 有创造性	91
7.3.2 实用性强, 具有广泛的应用价值	91
7.3.3 功能强大, 具有精确的空间定位、双向查询功能	92
7.3.4 界面友好, 使用方便	92
7.3.5 系统独立运行, 不需其他软件后台运行	92
7.4 洪河国家级自然保护区水资源恢复信息系统的功能和操作方法	92
7.4.1 安装	92
7.4.2 使用说明	94
第8章 数学模型的构建及其计算机软件使用说明	113
8.1 动态数学模型的构建过程	113
8.1.1 动态数学模型构建的目的	113
8.1.2 动态数学模型构建的主要依据	113
8.1.3 模型构建的理论与技术路线	113
8.1.4 有关条件和参数的合理假设	114
8.1.5 模型构建	115
8.1.6 水资源调度	116
8.2 动态数学模型计算机软件操作说明	116
8.2.1 软件的安装	117
8.2.2 主菜单内容	117
8.2.3 各菜单内容、功能及操作使用说明	118
第9章 研究结论与建议	131
9.1 研究结论	131
9.2 建议	134
主要参考文献	135
附图	138

第1章 绪 论

1.1 自然保护区简介

我国于 1956 年建立第一个自然保护区——鼎湖山自然保护区,到 2004 年底,已建有各级各类自然保护区 2194 个,总面积为 14 822.6 万 hm^2 ,其中,130 处为湿地类型的自然保护区,面积达 3848 万 hm^2 。占国土面积 13.8%的自然保护区,保护了 70%的陆地生态系统种类、80%的野生动物和 60%的植物(余久华和吴丽芳,2003)。

自然保护区的设立对抢救性地保护我国现有珍稀濒危动植物物种、各类生态系统或生态地质景观的多样性,以及在温室气体的调节、水循环的调控、污染物的去除等方面起到了积极的作用。国家为了加强自然保护区的有效管理,还颁发了一些全国性和地方性的法律法规,如《森林法》、《野生动物保护法》、《环境保护法》、《自然保护区管理条例》、《野生植物保护法》、《森林公园管理办法》、《风景名胜区管理暂行条例》、《地质遗迹保护管理条例》以及部分省(自治区、直辖市)自然保护区、森林公园、风景名胜区等管理条例,如《黑龙江省湿地保护条例》(2003 年 8 月 1 日起实施)、《海南省红树林保护规定》(1998 年 9 月 25 日发布)(吕宪国,2004)。

自然保护区资金投入水平能有效地反映一个国家环境生态保护的能力状况与重视程度。当前,发达国家用于自然保护区的投入每年平均为 2058 美元/ km^2 ;发展中国家的平均水平为 157 美元/ km^2 ;而我国当前仅为 53 美元/ km^2 ,为发展中国家平均水平的 1/3(庞少静,2004)。由于我国用于自然保护区管理能力建设资金投入的严重不足,因此当前在保护、维持和改善各类自然保护区的结构或维持其结构存在的外部条件方面还存在十分严峻的挑战,这是当前我国大多数自然保护区存在水资源退化、水体污染物、自然保护区资源破坏严重等现象的一个极为重要的原因。在自然保护区退化与破坏中,尤其以湿地类自然保护区最为明显(吕宪国,2004),所以当前针对典型的湿地生态系统、大江大河源头、主要河流入海口、候鸟繁殖和越冬栖息地等进行详细的退化评估、积极的保护与有效的恢复是国家自然保护区建设的重要工作内容。

1.2 三江平原主要湿地资源及其环境问题综述

1.2.1 三江平原主要湿地资源状况

三江平原生态结构发生变化最明显的是天然沼泽湿地大部分被人为开垦为农田,统计数字表明,1949年三江平原沼泽湿地面积为534.4万 hm^2 ,1995年仅剩197.7万 hm^2 ,减少了近65%。这主要是因为新中国成立后,出于我国经济社会发展的需要,以及对湿地功能的认识有限和受开发水平的制约,加上当时认为三江平原地表水与地下水丰富,水资源总量达278.4亿 m^3 ,人均水量3828 m^3 ,相当于全国人均水量的1.5倍,以及多年来涝渍害严重,故水稻田面积发展迅速。近几年,三江平原井灌种稻发展很快,全区水田面积已由1983年的9.2万 hm^2 ,发展到1996年的53万 hm^2 以上,而且还有继续扩大的趋势。根据遥感影像解译,三江平原挠力河流域自然湿地面积从1982年的53.32万 hm^2 变成2000年的17.17万 hm^2 ,减少了67.8%;而水田面积增加了13.82万 hm^2 ,是1982年的39.43倍(刘兴土和马学慧,2002)。可以说,大部分天然的沼泽湿地现已被开垦成旱地和水田(人工湿地)。然而由于当时的经济社会条件,对于三江平原资源型的农业开发活动,人们对开发行为将产生的资源与环境问题的预测能否与现实较为吻合很值得思考。

1.2.2 三江平原湿地破坏所引发的主要生态环境问题

三江平原曾是我国淡水湿地大面积集中连片分布区之一,湿地是平原的主要景观,近年来湿地迅速萎缩,农业景观取代了湿地景观。大面积湿地被开垦为农田是三江平原的主要土地利用方式。1949年以来,三江平原的大面积开荒使湿地面积由1949年的534.4万 hm^2 下降到2000年的148万 hm^2 ;耕地面积由1949年的78.6万 hm^2 增至2000年的457.24万 hm^2 。随着湿地的开垦,岛状林逐渐被砍伐。早期主要是将湿地开垦为旱田,种植大豆、小麦等。20世纪90年代以来,水田的规模越来越大。一方面将湿地排水后开垦为旱田,然后再由旱田改为水田;另一方面湿地直接开垦为水田。多雨年份,许多低洼农田排水不畅,形成撂荒地。据统计,开荒初期的1949~1969年的21年间,三江平原旱灾发生频率为23.8%,涝灾发生频率为33.3%;而大规模开荒以后的1970~1990年的21年间,旱涝灾害发生频率分别增加到33.3%和47.39%。总之,三江平原土地覆被变化对区域水文循环、环境质量、生物多样性及陆地生态系统的生产力和适应能力的影响是极为深刻的。