

蒲河流域

雨洪资源利用及河道水生态 修复应用研究

何俊仕 张广涛 王文殊 等 编著
詹中凯 孙仕军 董克宝



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

蒲河流域

雨洪资源利用及河道水生态 修复应用研究

何俊仕 张广涛 王文殊 等 编著
詹中凯 孙仕军 董克宝



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是一部系统研究沈阳市蒲河流域雨洪资源利用与生态修复的专著,是在“十一五”期间“蒲河流域雨洪资源潜力及开发利用方案研究”、“蒲河流域生态修复实施方案”、“蒲河流域水资源合理配置及河道拦蓄水建筑物调度运行方案”等课题研究成果的基础上总结而成的。本书结合蒲河流域的特点,从流域与区域相结合的角度,建立了面向雨洪利用和生态调度的中小流域生态修复模式,系统提出了蒲河雨洪资源利用和河流生态修复综合技术与实施方案。

本书可供水利、环境、农业、国土资源及相关部门科技工作者和管理人员参考使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

蒲河流域雨洪资源利用及河道水生态修复应用研究 /
何俊仕等编著. — 北京:中国水利水电出版社, 2011.9
ISBN 978-7-5084-9027-4

I. ①蒲… II. ①何… III. ①流域—降雨—水资源利用—研究—沈阳市②流域—洪水—水资源利用—研究—沈阳市③河流—生态环境—环境综合整治—研究—沈阳市
IV. ①TV213.4②X522.06

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第195228号

书 名	蒲河流域雨洪资源利用及河道水生态修复应用研究
作 者	何俊仕 张广涛 王文殊 詹中凯 孙仕军 董克宝 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	175mm×245mm 16开本 13印张 165千字 4插页
版 次	2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷
印 数	0001—1600册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编写人员名单

主编 何俊仕 沈阳农业大学
 张广涛 沈阳市水利建筑勘测设计院
 王文殊 沈阳市城市水资源管理办公室
 詹中凯 沈阳市水利科学研究所
 孙仕军 沈阳农业大学
 董克宝 沈阳农业大学

参编 李 崇 沈阳市水利科学研究所
 高振东 沈阳农业大学
 张 静 沈阳农业大学
 付玉娟 沈阳农业大学
 王林威 沈阳农业大学
 李 响 沈阳农业大学
 李秀丽 沈阳农业大学

| 前 言 |

21 世纪以来，全球范围内的干旱缺水和暴雨洪水灾害交替频繁发生，如何在安全可靠的前提下将雨水、洪水有效利用已受到各国的广泛关注。我国北方地区水资源短缺，降雨年际丰枯变化很大，很多地区降雨主要集中在汛期，甚至是其中的几场大雨，容易形成非涝即旱、旱涝交替发生的局面，干旱缺水与防洪抗灾之间存在的尖锐矛盾正日益成为制约经济社会持续发展的因素。因此，改变治水思路与善待洪水，充分利用雨洪资源，调整其时空分布，做到人水和谐，是解决我国北方地区水资源短缺和改善日益恶化的水生态环境的一项重要举措。

沈阳市水资源严重匮乏，人均水资源占有量仅为 341m^3 ，为全国人均拥有量的 $1/6$ ，是全国 40 个最严重缺水的城市之一。雨水作为一种宝贵的资源，在城市水循环系统中起着十分重要的作用。但是由于人类活动造成城市内部及其周边植被减少、不透水面积增加，导致雨水流失量增加和水循环系统平衡遭到破坏，并引发一系列环境与生态问题。充分利用雨洪资源，维持城市适宜水面、补充地下水、缓解城市洪涝灾害和市政排水压力，对于修复水生态环境、建设生态城市具有重要的

意义。

蒲河位于沈阳市境内，是沈阳市直接管辖的河道最长、流域面积最大的河流。蒲河流域是沈阳市重要的粮食产区和经济走廊。由于近年来经济的快速发展，流域内用水急剧增加，流域上游棋盘山水库发展旅游停止向下游提供灌溉用水，导致下游河道流量逐年锐减，甚至断流，水质持续恶化。为此，沈阳市在完成了《沈阳市水生态系统调查与评价研究》、《沈阳市水生态系统保护与修复规划》编制等工作的基础上，开始探讨蒲河流域雨洪资源潜力的开发利用，拟对流域内拦蓄水建筑物进行科学统一调度，实施一系列水生态修复工程，从而最大限度满足流域内各类需水要求，实现蒲河流域景观生态需要，创造蒲河流域“碧水、蓝天、绿地”以及“人水和谐”的优良生态环境。

在本书撰写过程中，得到了沈阳市水利局、辽宁省水文水资源勘测局沈阳分局和中国水利水电出版社等单位和个人的大力支持，在此表示衷心感谢！

雨洪资源利用和水生态修复研究与应用近年来不仅是国内专家、学者的研究重点，也受到各级政府部门的高度重视，本书内容只是阶段性研究成果。限于作者水平和其他客观条件，书中难免有错误和不足之处，敬请同行专家、读者批评指正。

作 者

2011年9月8日
于沈阳

| 目 录 |

前言

第一章 绪论 /1

第一节 研究目的和意义 /1

第二节 国内外研究和应用现状 /2

第三节 主要研究内容 /13

第二章 蒲河流域概况 /14

第一节 自然地理条件 /14

第二节 河流水系及其分布 /16

第三节 社会经济状况 /17

第三章 蒲河流域水资源条件及开发利用态势 /23

第一节 流域行政区划和水资源分区 /23

第二节 流域水资源条件 /26

第三节 流域存在的主要问题 /40

第四章 蒲河流域水资源供需平衡分析 /45

第一节 供用水现状 /45

第二节 社会发展预测 /50

第三节 需水预测 /52

第四节 供水预测 /71

第五节 供需平衡分析 /75

第五章 蒲河流域雨洪资源开发利用规划 /82

第一节 流域雨洪资源利用潜力 /82

第二节 流域雨洪资源利用模式 /91

第三节 流域雨洪资源利用分区布局 /95

第四节 流域雨洪资源利用工程规划方案 /96

第五节 流域雨洪资源配置方案 /106

第六章 棋盘山水库生态调度研究 /111

第一节 我国现行水库调度存在的问题 /111

第二节 棋盘山水库生态调度的必要性 /112

第三节 棋盘山水库生态调度的措施 /113

第四节 棋盘山水库生态调度模型的建立 /114

第五节 模型求解方法及计算结果分析 /117

第六节 基于生态调度的蒲河沈北新区段河流水环境容量计算 /121

第七章 蒲河流域河道生态修复与治理方案 /135

第一节 指导思想与原则 /135

第二节 规划目标与实施依据 /137

第三节 生态修复分区与治理重点 /137

第四节 生态修复方案 /139

第五节 实施进度安排 /166

第六节 投资概算 /168

第七节 经济评价与效益分析 /170

第八节 项目管理措施 /176

第八章 结论与建议 /179

第一节 结论 /179

第二节 建议 /182

附表 /183

参考文献 /196

附图

第一章 绪 论

第一节 研究目的和意义

解决水资源匮乏和水环境恶化问题，是 21 世纪经济社会协调持续发展的一个关键性问题。雨水、洪水资源利用在我国具有较长历史，是一种传统的水资源利用方式，但在目前全球水资源供需矛盾日益突出的形势下又赋予了新的内涵。特别是近年来，随着水资源开发利用形势变化和科技水平的不断提高，国内外在雨水和洪水资源利用方面进行了许多创新性探索。

沈阳市属于资源型缺水地区，由于地表水开发潜力有限，深层地下水基本处于超采状态。增大雨洪控制利用，把降雨转化为可利用的水资源，变害为利，是缓解沈阳水资源危机的有效途径。

此外，为改善城市水环境，沈阳市目前正在延续和完善“山水城林、和谐共生”的生态格局，建设“城林相依、水绿相映”的生态城市是沈阳市“十一五”及今后重要工作目标。

根据辽宁省未来发展总体战略，要将沈阳建设成一个“生态核心

城市”，成为“带动辽宁省，辐射全东北，影响东北亚”的辽宁中部城市群、辽宁省乃至东北地区经济社会发展的核心与生态城典范，成为资源高效、环境友好、社会进步、经济发展的现代化宜居城市。特别是2009年以来，在中央和辽宁省的大力支持下，沈阳创建全国环境样板城的工作已经到了全面实施和加速推进的关键时期。当前形势下，作为“生态市”建设的重要内容之一，水生态系统保护与修复已成为沈阳市生态文明建设的迫切需要。

蒲河位于沈阳市境内，是沈阳市直接管理的河道最长、流域面积最大的河流。蒲河流域是沈阳市重要的粮食产区和经济走廊。由于近年来经济的快速发展导致流域内用水急剧增加，流域水资源愈发短缺、水环境亟须改善。为此，本研究在前期工作的基础上，探讨如何利用蒲河流域丰富的雨洪资源，挖掘自然降雨和洪水资源利用潜力，化弊为利，探讨蒲河流域雨洪资源开发利用方式，通过对流域内拦蓄水建筑物进行统一科学调度，通过实施水生态修复，从而最大限度满足流域内各类需水要求，创造蒲河流域“碧水、蓝天、绿地”以及“人水和谐”的优良生态条件，为沈阳这座东北中心城市的经济社会快速、健康发展创造良好的水“环境”。

第二节 国内外研究和应用现状

一、雨洪资源利用

雨洪资源从宏观上讲就是一个流域或一个区域的自然降水总量。从微观上讲，就是人类可以调控的洪水资源总量。在保证现有防洪工程安全、满足上下游生产生活生态用水的前提下，根据当前科学发展水平和技术能力，人类可以调控的洪水资源。“流域雨洪资源利用”

是指在保证防洪和生态安全的前提下,综合利用工程措施、技术和管理手段,对雨水和洪水实施拦蓄、滞留和调节,将雨水和洪水适时适度地转化为可供利用的水资源,用于流域经济、社会、生态和环境的用水需求。

科学调蓄利用雨洪资源,是减轻洪水灾害,增加水资源量,实现人与水和谐相处协调发展的有效措施。特别是在我国水资源最为短缺的北方干旱、半干旱地区,汛期降雨量占全年的70%左右,而在干旱季节(3~5月),降雨量只占全年的15%左右。因此,汛期是补充水资源的最佳季节。实现雨洪资源化是兴利除弊和缓解我国北方广大地区水资源短缺问题的重要途径。在丰水年利用洪水冲淤、冲污、洗碱、淋咸、补水,可以起到缓洪减灾和增加植被、湿地、水资源量及改善生态环境的作用。

(一) 国外研究概况

雨水利用有着悠久的历史,早在4000多年前的中东、南阿拉伯以及北非地区,就出现用于灌溉、生活、公共卫生等的雨水收集系统。古代中东的纳巴特人在涅杰夫沙漠,把从高地汇集的雨水径流由渠道分配到各个田块,或把雨水回流到窖里,以在旱季浇灌农作物。在以色列的内盖夫沙漠中,雨水是唯一的水源,而且年降雨量仅100mm,却种出了庄稼并建立了城市,成为灿烂一时的沙漠文明;在同干旱气候长期的斗争中,希腊人、阿拉伯人也积累了收集利用雨水的丰富经验。阿拉伯人汇集雨水进行灌溉,曾以罗马帝国的粮仓著称;在斯里兰卡,为了发展农业,早在公元前就修建了小型阶式池塘,在丰雨季节蓄水,供缺水季节使用。

由于全球范围内水资源紧缺和暴雨洪水灾害频繁,近20年来,美国、日本、德国、英国、意大利、澳大利亚、丹麦、新加坡、印度等五大洲约40多个国家和地区在城市和农村开展了不同规模的雨洪



利用研究,其中,德国、日本、美国等发达国家雨洪利用发展较快,技术先进,它们将雨水利用作为解决水资源问题的战略措施,目前已形成了成熟和完整的雨水收集、处理、控制和雨水渗透等技术及配套的法规体系。

20 世纪 60 年代,日本开始收集利用路面雨水,70 年代修筑集流面收集雨水,采用各种渗透设施截留雨水或收集利用,并做了大量的研究和示范工程。近年来很多国家通过现代化科技手段及新材料的研制应用,在雨洪利用方面取得了很大的成效。如墨西哥利用天然不透水的岩石表层为集水面收集雨水,美国利用化学材料处理集水面以增加集水效率,德国、加拿大等许多发达国家将雨水储存在蓄水池中,再通过输水管道绿化和冲厕。以色列在集雨农业灌溉方面成就显著,雨水利用率高达 98%;德国在 80 年代末把雨水的管理与利用列为 90 年代污染控制的三大课题之一,修建了大量的雨水池来截留、处理或利用雨水,利用天然地形地貌及人工设施来集蓄雨水。

国外对雨洪利用技术的研究已经较为成熟,基本形成了比较完整雨洪控制与利用技术体系;拥有比较完善的指标体系、管理措施,并开发生产出了系列化的配套设备;制定了一系列有关雨洪利用的法律、法规;注重多学科理论的联合利用,例如生态学、城市水文学、给水排水等;重视雨洪的双重效应,尤其是对地下水的回补作用;强调公众的参与,等等。特别是在雨洪利用的水文计算方面国外已有一些成熟的模型。如英国环境部及全国水资源委员会的沃林福特程序、美国环境保护署编制的暴雨雨水管理模型 SWMM (Storm Water Management Model)、美国陆军工程兵团水文工程中心提出并应用于城市和非城市集水区域的降雨—汇流—水质模型 STORM、丹麦水利研究所开发的 MOUSE 模型、美国农业部 (USDA) 开发的 SWAT (Soil and Water Assessment Tool) 模型等。这些模型为雨洪

利用系统的计算和设计提供了有效的工具。

近 20 年来,以供水和回灌为目的的城市雨洪资源利用研究发展迅速,全世界已经建立了数千万计的雨水集流系统。许多国家和地区已经出台了相应的技术手册、规范和标准。在城市雨洪利用方面,国外发达国家所取得的经验主要有:制定了一系列有关雨洪资源利用的法律法规;建立了完善的屋顶蓄水和由入渗池、井、草地、透水地面组成的地表回灌系统;收集的雨洪主要用于冲厕所、洗车、浇洒庭院、洗衣服和回灌地下水等。如澳大利亚的一些城市在水综合管理规划规定中,将城市水循环看作一个整体,将雨洪管理、供水和污水管理一体化,规定要求雨洪管理系统应与所有相关发展规划相结合。

(二) 国内研究概况

我国雨洪资源利用最早要追溯到 4000 年前的周朝,当时农业生产中,利用中耕技术来增加降雨入渗。2500 年前,安徽寿县就修建了平原水库来拦截径流、灌溉作物,在汉水流域的丘陵地区还修建了串联式塘群。我国秦汉时期就有修建塘坝拦蓄雨水利用的历史记载,水窖修筑历史也有数百年。雨水资源用于人畜饮用较早出现于北方干旱少雨的农村地区。比如在陕北靖边、定边、榆林、延安等地,早在 20 世纪 50 年代人们就在山坡地径流汇集处修建一些容积 $30 \sim 50\text{m}^3$ 的“旱井”,通过对天然降水的富集和储存,使自然降水变成时空可调的人畜饮用水,同时利用地形落差还可以实施作物灌溉,后又通过一些防渗净化技术的改进而使“旱井”得到了较大的发展。我国现代雨水利用从 80 年代开始,于 90 年代在一些地区得到一定程度的发展。作为农业大国,灌溉用水关系到国计民生,因此许多地方的雨水利用是从农业开始发展的。在西北干旱半干旱地区,通过长期的努力实践,创造了许多雨水集蓄利用技术,如土窖、坎儿井、大口井等多种雨水利用设施,对当地农业起到了巨大推动作用,如甘肃省实施

的“121 雨水集流工程”、内蒙古实施的“集雨节水灌溉工程”、宁夏实施的“小水窖工程”、陕西省实施的“甘露工程”等极大促进了缺水地区农村的雨水集蓄推广应用,产生了明显的经济效益和社会效益。近年来,国内对于雨洪资源利用的理论研究取得了新进展,并积极探索实践流域雨洪资源利用。

随着水资源开发利用形势变化和科技水平的提高,我国在雨洪资源利用方面进行了许多创新性探索。在雨洪利用水文模型方面,国内已建立自然流域的水文模型、城市雨水径流模型(简称 CSYJM)以及基于城市雨水资源化径流模型等,这些模型为雨洪利用系统的计算和设计提供了有效手段。但目前国内洪水资源利用研究主要集中在单项性(以水库为主体)技术手段方面,在相关基本概念、评价方法、利用模式及风险效益决策等方面尚需进一步完善,研究成果与流域水资源规划利用的成果缺乏有效衔接。

现代意义上的城市雨洪资源利用在我国发展较晚,20 世纪末,我国城市雨水利用主要在缺水地区有一些小型、局部的非标准性应用。比较典型的有山东的长岛县、大连的獐子岛和浙江的舟山市葫芦岛等雨水集流利用工程,大中城市的雨水利用基本上处于探索与研究阶段。从总体上看,我国城市雨洪利用目前还处于初期发展阶段,个别城市和地区已经进入工程实施和推广阶段。北京、上海、大连、哈尔滨、西安等许多城市相继开展研究,当前我国许多大型建筑物,已建有完善的雨水收集系统。如上海浦东国际机场航站已经建有完善的雨水收集系统,用来收集浦东国际机场航站楼屋面雨水。目前北京市已形成雨水收集与传输、雨洪处理与利用、雨洪回补地下水以及雨洪控制系统等完整的雨洪控制与利用技术体系,并通过示范工程验证,探索了雨洪控制与利用的工程形式,开发雨洪控制与利用设备,形成了配套工程技术,为加强管理提供雨洪控制指标和管理措

施。尽管目前国内一些城市在雨洪资源利用方面取得了一些成果，但与发达国家相比还有一定的距离，主要表现在：我国城市主要是雨、污合流制管道，无法实现雨、污分流；配套设施不完善，自主研发和生产专用设备极少；没有形成一套完整的法律法规来支持雨洪资源的利用；没有充分考虑雨洪资源的生态效应等。

（三）雨洪资源利用途径及措施

1. 雨洪资源利用途径

利用雨洪资源主要有两种途径：①自然利用，主要是土壤入渗、大气蒸发等；②人为利用，在自然利用的基础上，通过人类干预，利用兴建的水库、河渠、蓄滞洪区、塘坝、田间等水利工程把雨洪资源拦蓄起来，科学调配为人类服务。

2. 雨洪资源利用措施

（1）加强工程设施建设。洪水不仅量大而且比较集中，同时又具有一定的破坏性，所以要想充分安全的利用雨洪资源，必须有相应的配套工程设施作支撑。除了应加强大型拦蓄水工程建设，也应注意小型集雨工程的建设，因为它在拦蓄雨水径流的同时，也削减了洪峰，为下游的防洪减小了压力。在城市可以利用屋顶或修建小型蓄积集雨，经简单处理后作为城市绿化、公共卫生等用水，不仅可以改善城市的环境，还可以减轻城市防洪防污压力。

（2）加强水库调度。水库是拦蓄雨洪资源的主要工程，在我国防洪通常是水库的第一要务。因此，必须在保证水库安全的前提下多蓄水，不能只为利用雨洪资源，单纯加大水库蓄水量，兴利而忽视安全。应根据用水需求和调度方案，通过科学分析，提高汛限水位。同时为了更好地解决兴利与防洪矛盾，应对流域的暴雨洪水规律进行深入分析，提高防洪减灾和调洪蓄水的预见性和主动性，分期确定汛限水位，水库调度实行动态汛限水位管理。通过科学调度，实现水库



保安全、多蓄水、多兴利的目标。

(3) 加强蓄滞洪区建设。水库虽然是拦蓄洪水的主要蓄水工程,但受到诸多因素的影响,其蓄水能力是有限的,当遇到较大洪水时,为了水库安全,泄洪也是不可避免的。如果这些洪水资源沿河道排入海,不仅会给河道及其两岸带来洪水威胁,而且会使宝贵的水资源白白浪费掉。因此,要根据防洪规划,积极做好蓄滞洪区建设,在遇到大洪水时有计划、积极主动地运用蓄滞洪区分洪,滞蓄洪水。这样,不仅可以从防洪的角度减轻下游主河道的洪水压力,有利于保障全局的防洪安排,而且滞蓄了雨洪资源,改善了水环境,起到了充分利用雨洪资源的作用。

(4) 加强雨洪利用信息化建设。洪水具有高随机性和高风险性,因此,要实现在保障安全的前提下最大限度地调配利用水资源,必须依靠准确的预测和科学的决策。准确的预测和科学的决策单靠人自身的能力是不够的,必须具有相应的科学技术手段。事实上,雨洪资源的管理过程实际上是对各种相关的雨洪信息进行采集、加工处理并做出决策的过程。对于暴雨洪水这种随机性很强的事件,快速准确的实时信息是做出正确的判断和决策的基础,因此要做好雨洪资源的管理,就必须利用现代化的卫星技术、通信技术、网络技术和计算机技术建立起现代化的水务管理信息系统,实现水利信息化。

(5) 加强水土保持工作。水土保持是雨洪资源利用的重要组成部分,科学地配置各项水土保持措施,使流域内植被良好,通过植被实现对降雨的再分配与截持,改善林地土壤结构,增加林地土壤入渗能力,削减洪峰流量,增大土壤涵养水资源能力,产生径流的时间就会相应延长,这不但对防洪、抗洪有益,同时给水库工程的合理、科学调度管理也赢得了时间,同时它还会延长地表水渗入地下的时间,增加径流的下渗补给量。