

北方地区

省域水资源 合理配置实践研究

徐建新 徐晨光 卢双宝 赵玲 崔进涛 著

BEIFANG DIQU SHENGYU SHUIZIYUAN HELI PEIZHI SHIJIAN YANJIU



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

北方地区 省域水资源 合理配置实践研究

徐建新 徐晨光 卢双宝 赵玲 崔进涛 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书详细地分析了我国北方省域水资源配置工作的主要内容。主要包括水资源配置的目的、任务和技术路线；水资源配置的基本条件；水资源供需方案的设置；水资源系统多目标优化配置模型；水资源配置模拟模型的建立；配置方案结果比较与推荐方案结果分析；特殊干旱年重点城市的应急对策；水资源合理配置系统软件的设计与开发。本书结合河北省水资源配置的具体工作展开研究，内容翔实，层次分明，具有较强的实用性。

本书可供与水资源规划管理有关的科技工作者及管理人员参阅。

图书在版编目（CIP）数据

北方地区省域水资源合理配置实践研究 / 徐建新等
著. — 北京：中国水利水电出版社，2012.12
ISBN 978-7-5170-0521-6

I. ①北… II. ①徐… III. ①区域资源—水资源—资源配置—研究—华北地区 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第316151号

书 名	北方地区省域水资源合理配置实践研究
作 者	徐建新 徐晨光 卢双宝 赵玲 崔进涛 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 8.5印张 99千字
版 次	2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	28.00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

| 前言 |

为研究制定我国新时期水资源开发、利用、节约以及保护的总体部署，加强水资源的科学管理，促进水资源可持续利用，依据《中华人民共和国水法》，自 2002 年起，由国家发展改革委员会和水利部牵头，会同国家有关部门，在全国范围内组织开展了水资源综合规划编制工作。随着全国水资源综合规划工作的开展，各省、流域水资源部门都对各区域水资源现状和水资源的利用进行了深入的工作。

本书详细分析了河北省水资源配置工作的主要内容，包括水资源供需方案集的建立，水资源系统多目标优化配置模型、模拟模型的建立，配置结果的分析以及特殊干旱年的城市应急对策。

本书旨在从生产实际出发，开阔眼界思路。为利于大家研究讨论，附上水资源合理配置系统软件的设计与开发。

本书作者对于水库补偿效益的理论进行了系统的研究，并结合黄河干流的水库调度进行了实践分析。本研究得到了西北电网、西安理工大学的大力支持。

参加本书编写的有华北水利水电学院徐建新、徐晨光，河北省水利水电第二勘测设计研究院卢双宝、赵玲、崔进涛。同时，华北水利水电学院陈南祥教授也参与了部分工作。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

2012年7月

| 目录 |

前言

第 1 章 绪论 /1

- 1.1 研究背景 /1
- 1.2 水资源配置研究进展 /2

第 2 章 省域水资源配置的目的、任务和技术路线 /5

- 2.1 省域水资源配置的目的 /5
- 2.2 水资源配置的任务 /6
- 2.3 水资源配置技术路线 /9
 - 2.3.1 水资源合理配置的原则 /9
 - 2.3.2 水资源合理配置技术路线 /12
 - 2.3.3 研究规划流程 /15

第 3 章 水资源配置的基本条件 /17

- 3.1 水平年的选定 /17
- 3.2 水资源配置基本单元 /17
- 3.3 基本数据与资料 /20

第 4 章 水资源供需方案的设置 /26

- 4.1 需求端方案集及其筛选 /27

- 4.1.1 需水量方案 /27
- 4.1.2 不同方案需水量预测成果 /32
- 4.1.3 需水方案比选 /35
- 4.2 供给端方案 /39
- 4.3 供需协调后比选方案集 /43

第5章 省域水资源系统多目标优化配置模型 /44

- 5.1 水资源优化配置的内涵 /44
- 5.2 水资源优化配置模型的建立 /45
 - 5.2.1 优化目标 /46
 - 5.2.2 目标函数 /46
 - 5.2.3 约束条件 /47
- 5.3 水资源优化配置模型的求解 /50

第6章 省域水资源配置模拟模型的建立 /57

- 6.1 供需模拟模型的概念 /57
- 6.2 供需模拟模型的计算任务 /58
- 6.3 基于优化配置规则的水资源配置模拟模型的建立 /60
- 6.4 水资源配置规则 /61
 - 6.4.1 外调水利用规则 /63
 - 6.4.2 水库运行规则 /63
 - 6.4.3 地下水开采规则 /64
 - 6.4.4 单元河网水使用规则 /65
- 6.5 水资源模拟模型的建立及求解 /66
 - 6.5.1 主要约束条件 /68
 - 6.5.2 模型求解 /72

第7章 配置方案结果比较与推荐方案结果分析 /75

- 7.1 配置方案结果比较 /75
- 7.2 推荐方案结果分析 /77

- 7.2.1 全省供需平衡态势分析 /77
- 7.2.2 供用水结构分析 /79
- 7.2.3 用户缺水结构 /82
- 7.2.4 用户供水保证率 /82
- 7.2.5 空间缺水分布 /92
- 7.2.6 引江水量区域分水比例 /97
- 7.2.7 潘家口水库分水量调整 /101

第 8 章 特殊干旱年重点城市的应急对策 /102

第 9 章 水资源合理配置系统软件的设计与开发 /105

- 9.1 系统开发环境 /105
- 9.2 模型软件设计 /106
 - 9.2.1 主要内容 /106
 - 9.2.2 数据库设计 /107
 - 9.2.3 基本资料管理模块 /109
 - 9.2.4 模拟计算模块 /111
 - 9.2.5 优化计算模块 /112
 - 9.2.6 结果显示模块 /113

第 10 章 结论与展望 /117

- 10.1 结论 /117
- 10.2 展望 /120

参考文献 /122

第1章 绪 论

1.1 研究背景

水资源问题是一个全球性的问题，从广义上讲，水资源的稀缺性、不可替代性和时空分布的不均衡性以及供求矛盾将长期存在。要解决好区域水资源配置问题，必须在水资源自然配置格局的基础上进行合理的调配。水资源配置涉及社会、经济、环境和人口等诸多方面，具有因素众多、相互关联、存在复杂的多重反馈关系等特征。

水资源配置即是针对水资源时空分布与需求的不一致性，人为采取的调控措施。目前，对于水资源配置的定义，许多学者都提出过自己的见解。其中以《全国水资源综合规划技术大纲》提出的概念最为广大学者所接受，即“在流域或特定的区域范围内，遵循有效性、公平性和可持续性的原则，利用各种工程与非工程措施，按照市场经济的规律和资源配置准则，通过合理抑制需求、保障有效供给、维护和改善生态环境质量等手段和措施，对多种可利用水源在区域间和各用水部门间进行的配置”。水资源配置的目的是以水资源的可持续利用支撑社会经济的可持续发展，最大



限度地发挥水资源的综合效益。

我国北方水资源较短缺，由于用水量的迅速增长，地表水资源匮乏，迫使大量超采地下水，造成地下水位持续下降，浅、深层地下水漏斗连片，含水层部分疏干，大量机井干涸报废，并引发了地面沉降，咸水下移、海水倒灌等环境问题，水资源短缺已成为制约北方省域经济社会发展的重要因素。因此，亟须着力研究和解决水资源的开发、利用、节约和保护，尤其是合理配置等重大问题，以实现水资源的可持续利用，支撑全省经济社会的可持续发展。

根据《全国水资源综合规划技术大纲》的要求和各省自身的水资源状况，需要进行水资源合理配置的研究与规划，以查清全省水资源的现状和水利工程供水能力，预测全省未来对水的需求，并通过建立水资源配置模型研究全省水资源的合理分配，协调供水与需水关系，为全省未来的水资源分配、水利工程规划提供有力的技术支撑。

1.2 水资源配置研究进展

水资源配置模型的定义是：针对以供水为主要目的的水资源系统，以系统分析理论、运筹学方法、知识规则和逻辑推理等技术基础，对各种工程措施和非工程措施进行适当组合和合理的联合调度运用，以追求系统整体的可持续利用功能最优为目标的计算机模型。

该定义有几个要点：①水资源配置模型是数学模型而不是物理模型，其主要用途是合理地安排和调度水资源开发利用的工程

措施和非工程措施，配置水资源，使水资源系统的可持续利用功能最优。②分析的问题可以是规划阶段的问题，其重点是进行多种水利工程措施和非工程措施组合方案的分析比较，推荐出合理的水利工程布局；也可以是运行管理阶段的问题，其重点是在已有水资源系统条件下合理地调度各种水源和工程使其发挥最大效益。③对“水资源系统整体的可持续利用功能最优为目标”要广义地理解，充分体现实际需要和现实可行性。

水资源合理配置研究的发展，与水资源的持续利用和人类社会协调发展密不可分。以水资源系统分析为手段、水资源合理配置为目的的研究工作，源于20世纪40年代Masse提出的水库优化调度问题，国内外诸多学者经过半个世纪多的实践研究，在水资源优化配置方面取得了丰硕的研究成果。

自20世纪60年代起，水资源配置进入了系统分析时代。1953年美国陆军工程师兵团首次用计算机模拟研究了美国密苏里河流域6座水库的运行调度。EmerRy和Meek就尼罗河流域水库的规模及其运行调度进行了系统分析。G. Yeh对系统分析方法在水库调度和管理中的研究和应用曾作了全面综述，他把系统分析在水资源领域的应用分为线性规划、动态规划、非线性规划和模拟技术等。我国在20世纪60年代，谭维炎和黄守信等首次将运筹学技术应用我国的水库水电站的优化调度。用规划和管理等问题，并取得了重要成果。翁文斌等（1984）用不同方法研究了地表水与地下水联合运用的模拟计算问题；许涓铭等（1986）建立了地下水—地表水库联合运用的规划模型；方淑秀、黄守信等（1990）对滦河的跨流域引水多水库联合优化调度进行了研究；谢新民（1992）对水资源大系统的运行管理问题进行了分析和研究，建立



了水资源大系统分布参数谱系管理模型，并提出了一种二级分解—协调算法；谢新民和陈守煌等（1994）利用大系统理论和模糊数学，应用数值模拟和响应矩阵法，研究了地表—地下水资源系统多目标管理模型与模糊决策问题，建立了水电站水库群与地下水资源系统联合运行管理模型，并提出一种目标—协调的计算方法。1995年，由中国水利水电科学研究院主编的《水资源大系统优化规划与优化调度经验汇编》正式出版，系统地介绍了我国20世纪80~90年代在水资源大系统优化规划和优化调度方面的新理论、新技术和新方法。

第2章 省域水资源配置的目的、任务和技术路线

2.1 省域水资源配置的目的

水资源配置的目的是在查清全省水资源数量、质量及其分布规律、水资源开发利用现状和存在问题、生态环境现状及演变规律以及社会经济发展历程的基础上,依据可持续发展的观点,按照高效、公平和多目标统筹兼顾协调的原则,通过工程与非工程措施,在时间与空间尺度上,对省内各种可利用水源在不同区域、不同用水部门间进行各水平年和不同来水保证率条件下的需求控制与调剂供给、合理配置,实现动态平衡,保障用水安全,支撑经济、社会的持续协调发展,促进生态环境的良性运行。

省域水资源配置要达到以下目标:①城镇和农村生活供水保证率达到95%以上,水量和水质都能保障人民饮用水安全;②第二、第三产业供水保证率达到95%,满足经济社会可持续发展的需要;③农业灌溉保证率达到50%,满足粮食安全要求;④生态供水量较现状有所增加,积极改善区域生态环境。

水资源配置的主要任务是将供水与需水进行协调,通过优化



和模拟技术的耦合，重点在水资源规划层次上研究水资源合理配置的方向、途径，从宏观上配置外来水和本地地表水、地下水，拟定开源、节流、保护的管理策略；为在水资源运行管理层次，在不同水文条件和南水北调来水条件下，全省水资源的具体配置、运行和实时管理提供基础依据。

2.2 水资源配置的任务

根据《全国水资源综合规划技术大纲》，针对各省的具体情况，确定省域水资源配置的任务如下。

1. 配合国家宏观资源配置，合理安排外调水工程之间的关系

配合国家宏观水资源优化配置战略。通过对水资源配置模型不同供水方案的比选，进行河北省外调水合理的供水范围和水量配置。

2. 合理配置省内外调水工程供水量

南水北调中线一期工程实施后的水资源配置是海河流域水资源综合规划的中心任务之一。目前，南水北调中线一期工程总干渠已开工建设，但其配套工程规划仍处于论证阶段。特别是河北省中线工程的调蓄工程规模、调蓄方法和中线工程的供水区域、不同区域供水目标之间的水量分配等，都是配置阶段需要首先研究和规划的问题。

3. 以南水北调工程为纽带，实现多种水源的联合调度

当地地表水、地下水、外调水和中水虽都具有一定的调配能力，但受地形、工程和资金等多方面条件制约，尚不能像商品一

样自由调度，因而，水资源是一种有条件可调配资源。各种水源的供水目标既可能相互重叠，又存在差异，不同的水源具有不同的水质，不同的用户对水质又有不同要求。因此，本次规划采用系统优化和模拟相结合的技术手段，实现当地地表水、地下水、外调水和中水等多水源的联合调度，以保证优水优用，提高水资源利用的综合效益，促进社会公平，降低供水风险。

实现上述多水源联合调度，南水北调工程，特别是中线工程具有不可替代的作用。南水北调中、东线主体工程为南北走向，南水北调配套工程将进一步沟通东西部区域间的水联系，空间上的交叉为实现“南北互通、东西互济、上下联调”提供了条件，也为水资源的调配和唐、秦、承、保间接受益奠定了基础。另外，通过适当改造和充分利用现有工程增加地表水调度的自由度，是一种投资少、见效快且符合实际的策略。本次规划根据供需协调与平衡，还提出了南水北调中线工程实施后滦河供水的调整方案，包括不同水平年的水量调整比例。

4. 利用地下水的多年调节功能，提高供水保证率

地下含水层具有地表水库不能比拟的功效。地下水的调节作用，不仅在理论上是可行的，而且已得到实践的认证。传统的水资源供需平衡，一般都将地下水的可供水量固定化，用多年平均可利用（开采）量进行供需平衡，难以体现地下水的调节作用，对供水保证率的估计偏低，对供水风险的估计偏高。在模型中适当考虑地下水的多年调节功能，用“地下水库”取代实施难度很大的地表水库有利于发挥地下水调蓄灵活的特点，实现水资源联合调度，提高供水保证率。



5. 提出适度的地表水开发利用策略

北方省份地表水开发利用程度已经达到了较高的水平，但是个别地区还具有一定的潜力。适度开发地表水，尤其是调整供水对象仍是解决北方省份水资源短缺和提高城市供水保证率的一个途径。所谓适度开发，就是既要有资源量作保证，又要与社会、经济和环境发展相协调，同时要特别注意保护生态环境。

6. 优选与国民经济发展和城镇化进程相适应的水资源开发利用方案

通过供、用水的多方案组合和比选，以供需平衡分析为手段，以模型优化和模拟为工具，优选与北方省份国民经济发展和城镇化进程相适应的水资源开发利用方案；同时，研究出适合北方省份水资源条件的国民经济发展速度、产业结构和区域布局，以及城镇化速度与方向，为计划部门提供规划的参考意见。

7. 拟定河北省适应经济社会发展需要和经济承受能力的节水与治污水平

节水是解决北方省份水资源短缺的重要途径之一。节水的目的是为了适应发展的需要，但是节水受到经济承受能力的制约。水资源合理配置的任务之一就是要配合节水规划，在经济承受能力与节水水平之间寻找一个平衡点，拟定合适的生活、农业、工业、第三产业等的用水定额、节水手段和节水方案。此外，应以环保部门水污染防治为基础，配合地表水保护规划，拟定适合水环境需要和适应经济发展要求的污水处理回用水平。

8. 制定特殊干旱年的应急用水对策

通过分析省内各地的水源条件、经济条件和缺水特点，以河

北省主要城市为重点，有针对性地提出特殊干旱年和连续干旱年的应急对策。

2.3 水资源配置技术路线

2.3.1 水资源合理配置的原则

基于宏观视角，根据稀缺资源分配的社会学与经济学原理，水资源合理配置应遵循公平性与有效性的原则，在水资源利用程度很高的情况下，应同时遵循水资源可持续利用的原则，即公平性、有效性和可持续性，它们也是水资源合理配置的基本原则；基于微观视角，水资源的配置还应遵循优水优用、供水总成本最低和资源短缺条件下最小破坏等原则。

1. 公平性原则

为体现以人为本的思想，国家自然资源配置首先要遵循公平性的原则。水作为人类生存必不可少的资源，不能首先考虑效益准则，必须满足不同区域间、不同社会各阶层和集团间都具有生存的条件。生活用水是人类生存的必要条件，从人人具有平等的生存权来说，无论贫富，每个人都具有使用保证生存的必要的水的权利；而且，不同发展水平的地区都具有发展权，特别是欠发达地区，如果不在资源配置上给予必要的照顾，必然形成“贫者愈贫，富者愈富”的“马太效应”，破坏区域发展的协调性，违背建设和谐社会的发展战略。资源分配部门也具有这样的义务来保证这种公平性不被资源利用的有效性原则所忽略。