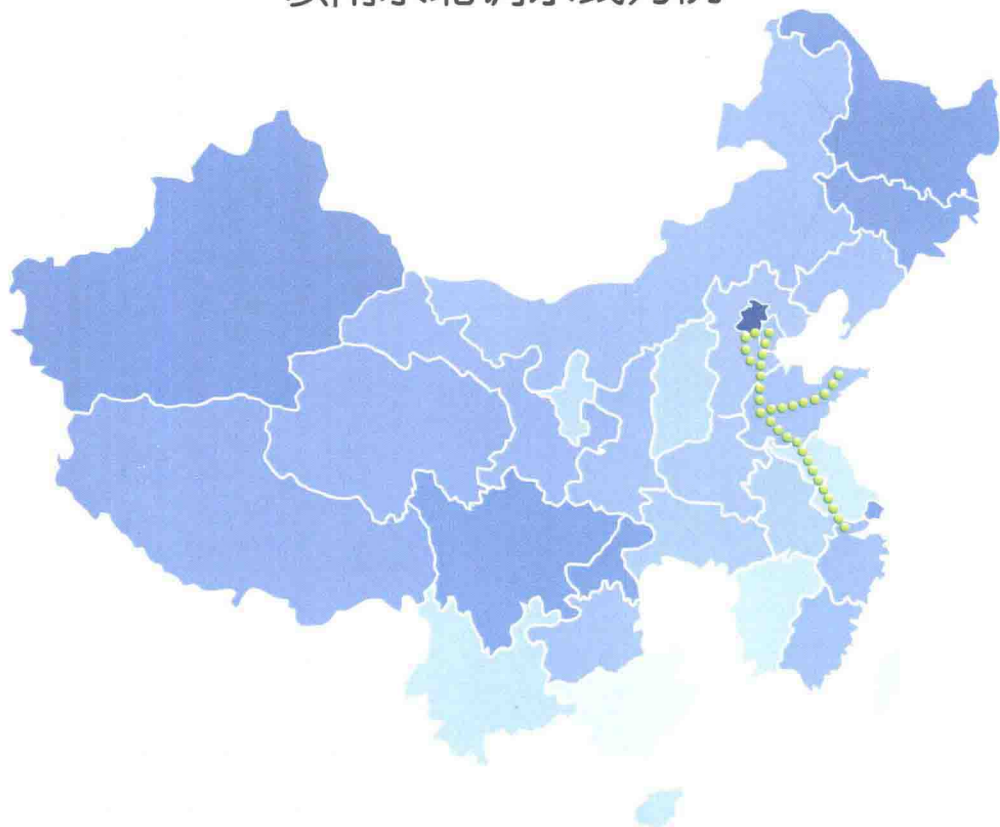


李红艳 著

跨流域调水工程水资源网络配置研究

——以南水北调东线为例



沈阳出版社

李红艳 著

跨流域调水工程水资源网络配置研究

——以南水北调东线为例

沈阳出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

跨流域调水工程水资源网络配置研究：以南水北调东线为例 / 李红艳著. —沈阳：沈阳出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5441-5698-1

I. ①跨… II. ①李… III. ①南水北调—水利工程—水资源—资源配置—研究—中国 IV. ①TV68②TV213

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第291131号

出 版 者：沈阳出版社

(地址：沈阳市沈河区南翰林路10号 邮编：110011)

网 址：<http://www.sycbs.com>

印 刷 者：中共沈阳市委机关印刷厂

发 行 者：沈阳出版社

幅画尺寸：145mm × 210mm

印 张：6.625

字 数：150千字

出版时间：2014年1月第1版

印刷时间：2014年1月第1次印刷

责任编辑：沈晓辉 张 晶

封面设计：Amber Design 琥珀视觉

版式设计：晓 习

责任校对：日 光

责任监印：杨 旭

书 号：ISBN 978-7-5441-5698-1

定 价：22.00元

联系电话：024-24112447 62564922

E-mail: sy24112447@163.com

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，请与本社联系调换。

前 言

随着社会经济的发展，水资源短缺已成为制约华北地区国民经济和社会发展的瓶颈，南水北调工程是解决这一问题的重大战略举措。南水北调工程规划从长江下、中、上游分别向北方调水，形成东、中、西三条调水线路，与长江、淮河、黄河和海河相互连接，形成“三纵四横”的总体格局，实现我国水资源南北调配、东西互济的优化配置目标。东线工程是南水北调总体规划“三纵四横”基本框架中的重要组成部分，工程规划分为三期实施。目前，南水北调东线一期工程已经开工建设，如何对东线工程的水资源进行合理分配与调度，实现工程的规划目标、获得最大综合效益，是一个非常紧迫而且有意义的课题。

本书旨在加深关于水资源分配的方法以及分配层次等方面的研究，努力填补水资源配置理论研究中的空白，并力求推动这项工作从理论走向实践，从而提高水资源的利用效率，实现工程的规划目标。

本书在总结目前水利专家、学者对水资源配置研究成果的基础上，综合运用管理学、经济学、水文水资源学、模糊决策、运筹学等相关知识，为促进这些理论的实际应用及为解决复杂大系统多目标问题积累了经验，具有重要

的理论意义。结合南水北调东线工程和水资源的特点，统筹考虑水资源的时间配置和空间配置，分别设计东线水资源的空间网络结构和时间网络结构，并在网络结构的基础上建立水资源的空间配置和时间配置模型，通过空间配置与时间配置的耦合，从而建立东线水资源配置的网络模型，可以为南水北调东线、中线、西线，甚至大型跨流域调水工程的水资源配置提供参考，具有重要的实用意义。

摘 要

南水北调东线工程建成后,能否实现工程效益,水资源合理分配与调度是关键问题。本书在总结国内外相关文献的基础上,将网络流理论引入到南水北调东线水资源配置中,统筹考虑水资源的空间配置和时间配置,构建了南水北调东线水资源的网络配置框架。

首先,文章结合南水北调东线工程的特点,将网络流理论引入到东线工程中,界定了南水北调东线水资源的网络系统,设计了东线水资源的空间网络结构,并阐述了东线水资源的网络配置的内涵。在分析空间配置与时间配置的内容与关系的基础上,建立了东线水资源配置的网络模型。其次,文章从水权的基本理论出发,阐述了南水北调东线水权的含义并对其进行分类。从南水北调东线水权分配的层次、分配的程序和分配方式的选择三个方面构建了东线水权分配的框架,并按照水权分配的层次不同,建立了工程水权初始分配和水资源二次分配模型,采用半结构多目标模糊优选理论和模拟退火遗传算法分别对以上两个模型进行了求解。然后,文章将输水沿线起调蓄作用的湖泊(洼淀)看作是一个个独立的水库,运用网络流理论设计了南水北调东线水资源配置的时间网络结构,指出东线水资源

的时间网络结构具有多源点、多汇点，并且蓄水弧同时有上下界限制的特点，同时给出了相应的解决方法。结合东线工程规划和工程的特点，确立了南水北调东线水资源调配的原则，建立了时间配置模型，并采用网络增广法对模型进行了求解。最后，文章以南水北调东线一期工程为例，分别验证了工程水权初始分配模型、水资源二次分配模型和水资源时间配置模型，并对相应的结果进行了分析。

关键词：南水北调东线 网络结构 水权分配 调度

Abstract

After construction of Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project, realization of the project's benefit depends on a key matter, which is water resources allocation and dispatch. Based on summarizing domestic and foreign related studies, this paper quotes Network theories into water allocation of Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project. The framework of water resources network allocation of Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project is builded up, which is based on considering of space and time allocation.

Firstly, this paper quotes network theories into water resource allocation to Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project, defines the project's network allocation, designs the construction of space network and detailedly expands the connotation of network allocation of Eastern Route, which is based on the considering the project's characteristics. After analysising the contents and the relationship of space and time allocation, a Time-Space model is set up. Secondly, starting from the basic theory of water right, this paper expands and assorts the connotation of water rights of Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project, and constructs the framework of water rights allocation of Eastern Route of South-to-North Water

Transfer Project from three aspects: layer, procedure and formula's choice of water rights allocation. According to difference of layer of water right allocation, sets up the initial allocation model of the project's water rights and the second allocation of water resources, then adopts Half-Structural and Multi-Objective fuzzy optimization theory and genetic and simulated annealing algorithm to solve the two models. And then, this paper looks the lake(wash) which balances and retains water on the line of the project as a single reservoir, devices time network construction of water resources allocation of Eastern Route, and points that the time network's construction has many original and term point, and at the same time, water storage article has the character of top and bottom boundary. Gives the correspond solution, incorporate the character of program of Eastern Route Project, sets up principle of reservoir's optimal dispatching and mathematics model, which is solved by using augmented network. Finally, this paper takes the first phase of Eastern Route of South-to-North Water Transfer Project as an example, confirms the project's water rights initial allocation model, the water resources second allocation model and the time allocation model separately, and carries out the analysis to the corresponding result.

Key words: Eastern Route of South-to-North Water Transfer; Network Structure; Water Rights Allocation; Dispatch

目 录

前 言

摘 要

Abstract

第一章 绪论

1.1 研究背景及研究意义 / 1

1.2 相关文献研究综述 / 5

1.3 研究内容及研究框架 / 48

第二章 南水北调东线水资源的网络配置系统分析

2.1 南水北调东线水资源的网络系统分析 / 52

2.2 东线水资源的网络结构设计与分析 / 59

2.3 南水北调东线水资源的网络配置体系 / 67

2.4 小结 / 72

第三章 南水北调东线水资源的网络配置

3.1 南水北调东线水权基本概念 / 73

3.2 南水北调东线水权分配 / 80

3.3 南水北调东线工程水权初始分配模型 / 90

3.4 南水北调东线水资源二次分配模型 / 106

3.5 小结 / 140
第四章 南水北调东线水资源的时间配置
4.1 南水北调东线水资源时间配置的目的 / 142
4.2 研究对象及研究方法的确定 / 144
4.3 南水北调东线水资源系统的时间网络结构 / 145
4.4 南水北调东线水资源时间配置模型 / 150
4.5 小结 / 160
第五章 案例分析
5.1 南水北调东线水资源空间配置及结果分析 / 161
5.2 南水北调东线水资源时间配置结果 / 170
5.3 南水北调东线水资源的时空联合配置结果 / 173
5.4 小结 / 174
第六章 结论与展望
6.1 主要研究结论 / 175
6.2 创新点 / 178
6.3 研究展望 / 179
参考文献

第一章 绪 论

水资源作为基本的自然资源，是人类生存和社会发展的物质基础。随着人口的增长、社会经济的发展和人民生活水平的提高，有限的水资源供给和不断增长的需求之间已经形成尖锐矛盾。目前，水资源正面临着水短缺、水污染以及由此而产生的水纠纷等水危机。我国水资源除以上水危机外，还存在着时空分布不均的问题，通过调水工程的实施可以有效地改善以上水资源所面临的问题。但是，如何协调工程调水与当地水的关系，如何合理地分配水资源，实现工程的最大效益是调水工程投入运营阶段面临的紧迫课题。

1.1 研究背景及研究意义

1.1.1 研究背景

我国是一个水资源十分紧缺的国家，水资源的基本特点主要包括以下几个方面：

(1) 水资源总量比较丰富，但人均占有量较少。我国多年平均水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ，占世界总量的 5.8% 左右，居世界第六位。但是人均占有水量仅为 2400 m^3 ，是世

界人均水平的 1/4，居世界第 110 位，属缺水国家。

(2) 水资源时空分布极不均匀。我国水资源总的空间分布趋势是东南多，西北少，由东南向西北逐渐递减。全国约 80% 的水资源集中分布在长江及其以南地区，这一地区的人口占全国的 55%，耕地仅占全国的 35%。尤其在长江以北的广大地区，耕地面积占全国的 65%，人口总数占全国的 35%，水资源量却仅占全国的 20%。其中，黄、淮、海、辽 4 个流域耕地占全国的 42%，而水资源只占全国的 9%，在时间分布上，我国南方的雨季大致是 3 月至 6 月，或者是 4 月至 7 月，这期间的降水量约占全年的 50% ~ 60%。北方不仅降水量小于南方，而且分布更不均匀。一般从 6 月至 9 月的降水量达到全年的 70% ~ 80%，有时甚至集中在两个月内。这就形成了南方水多耕地少，北方水少耕地多的局面。

(3) 水资源浪费和水污染严重。我国生活用水的浪费现象普遍而且严重。农业是用水大户，用水浪费最严重，大水漫灌等陈旧的传统灌溉方法浪费大量水资源。工业用水的利用率低。国外一些国家的工业用水早已采用循环用水措施，水的重复利用率高达 70% ~ 90%，而我国多数城市还停留在 20% ~ 50% 的水平上。另外，由于工业技术落后，工业用水定额也远远高于国外先进水平。在中国 85 座大中城市中，绝大多数城市的地下水都已经受能源工业不同程度的污染。其中，北方城市地下水污染更加严重，地

下水开采层水质逐渐恶化。中国水源污染、水质恶化、水资源破坏仍有进一步发展的趋势。

随着社会经济的发展,水资源短缺已成为制约华北地区国民经济和社会发展的瓶颈,要改善这种状况,必须修建相应的蓄水、调水等水利工程实现来水和需水的匹配。南水北调工程是解决这一问题的重大战略举措。规划从长江下、中、上游分别向北方调水,形成南水北调的东、中、西三条调水线路,与长江、淮河、黄河和海河相互连接,形成南水北调“三纵四横”的总体格局,实现我国水资源南北调配,东西互济的优化配置目标。

南水北调东线工程是南水北调总体规划“三纵四横”基本框架中的重要组成部分,规划从江苏省扬州附近的长江干流引水,利用京杭大运河以及与其平行的河道输水,连通洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖等8个调蓄湖泊。南水北调东线工程规划分为三期实施,目前,东线一期工程已经开工建设,工程建成后将形成连接长江、淮河、黄河、海河的水资源大系统,如何进行该系统的水资源配置与调度,已经成为东线工程面临的紧迫课题^[1]。

传统的水资源配置与调度管理理论和方法更多的是单纯从技术角度对水资源进行配置和调度,以经济效益成本比来对水资源配置和调度的结果进行评价,即从技术经济的角度来寻找最优的水资源调度方案。但是,南水北调东线工程水资源系统不同于其他流域,南水北调东线工程是

一个人造工程，是一个多流域、多水源、多目标的开放的复杂水资源大系统，涉及北方许多省市和众多用水部门的利益。所以其水资源的配置不能按传统的流域水资源的配置思路进行。另外，随着时代的不断发展，目前水资源系统的管理应该服从市场经济下的管理体制，而不是像计划经济时期那样，管理体制仅作为实现运行调度技术方案的保证，即技术方案适应于管理体制，而不是管理体制适应于技术方案。

1.1.2 研究意义

本书在总结目前水利专家、学者对水资源配置研究成果的基础上，结合南水北调东线工程的特点，引入网络流分析方法，将水资源的空间配置和时间配置统筹考虑，建立水资源配置的网络模型。因此，本研究取得的初步成果可以为我国跨流域调水工程的水资源配置提供理论参考，对水资源配置研究也是有益的补充和完善。

水资源系统是一个复杂的大系统，本书将模糊优化、网络流理论、最优化算法用于南水北调东线，为多目标决策在水资源系统中的应用提供了新的切入点。为促进这些算法的实际应用及为解决复杂大系统多目标问题积累了经验，具有重要的理论意义。另外，南水北调东线工程是一个多流域、多层次、多目标的复杂大系统，通过本研究，可以为东线水资源配置提供参考，具有重要的实用意义。

(1) 协调当地水与外调水的关系。南水北调东线工程

通水后,将形成当地水与南水北调工程调水多种水源供水的格局。这种格局必然带来水资源供需关系的变化,本书在水资源分配过程中将对不同水资源按来源采用不同的分配方式进行分配,通过本研究,可以合理利用与调控当地水和外调水,降低调水的成本,实现水资源的优化配置和高效利用。

(2) 本书在界定南水北调东线水权概念的基础上,系统地研究了东线水权分配的程序、分配的层次和分配方式的选择,构建的水资源分配体系为东线沿线湖泊的水权分配提供决策依据。

(3) 本书虽是围绕南水北调东线水资源配置研究的,但在书中提出的水资源的时间和空间配置概念、不同水源采取不同的分配方式以及水权分配的程序、指标体系、建模思路 and 求解的方法对于南水北调中线和西线以及跨流域调水工程的水资源配置都具有一定的参考价值。

1.2 相关文献研究综述

1.2.1 水资源配置理论研究综述

水资源合理配置研究的发展是与水资源的持续利用和人类社会协调发展密不可分的。近一百年来,随着科学技术水平的提高和经济社会的发展,水资源管理特别是农业灌溉管理逐步走向合理化、多样化和集约化。同时,水资源系统优化调度和分配、水资源宏观区域规划、水环境战

略保护以及采取全面节水措施、营造节水型社会等方面都有很大的进步。随着水利工程的不断实施，水资源合理配置基础设施建设和管理手段的进一步完善，真正意义上的水资源合理配置已成为可能。

1.2.1.1 国外水资源配置

(1) 水权制度

水权制度是水权理论的一项重要组成部分，它关系到水资源开发、利用、治理、节约、保护和配置的各个方面，建立健全水权制度是实现水资源优化配置的必然途径，国外有些国家主要通过立法建立水权水市场制度。实践证明，这种制度优化配置了水资源，提高了资源的利用效率。各个国家由于水资源状况、水资源管理体制和水法规制定主体的不同，所实行的水权管理体系也不尽相同^[2]。即使是同一个国家，由于地理条件、自然条件、经济发展水平的不同，其水权管理体系也不尽一样。概括起来，主要的水权制度有以下几种：

① 优先占用原则

优先占用权原则 (Prior Appropriation Right Doctrine)^[3,4] 的水权理论和与之相适应的水权法律制度源于 19 世纪中期美国西部地区开发中的用水实践。占用水权理论源于民法理论中的占有制度。

占用水权理论认为，河流中的水资源处于公共领域，没有所有者。因此，谁先开渠引水并对水资源进行有益使用，