



基于供应链管理理论的南水北调 水量控制与水资源分配模型研究

朱九龙 著



沈阳出版社

基于供应链管理理论的南水北调 水量控制与水资源分配模型研究

朱九龙 著

沈阳出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于供应链管理理论的南水北调水量控制与水资源分配模型研究 / 朱九龙著. —沈阳: 沈阳出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-5441-5632-5

I. ①基… II. ①朱… III. ①南水北调—水资源—供水管理—研究②南水北调—水资源—资源分配—研究 IV. ①TV68

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 243877 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

幅面尺寸: 145mm × 207mm

印 张: 7.625

字 数: 180 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 鲁莎莎

封面设计: Amber Design 琥珀视觉

版式设计: 鑫博慧

责任校对: 王丽艳

责任监印: 杨 旭

书 号: ISBN 978-7-5441-5632-5

定 价: 25.00 元

联系电话: 024-24112447

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

南水北调工程是解决我国北方地区水资源严重短缺的重大战略举措,是关系到我国社会经济可持续发展的特大型水利基础设施建设项目。南水北调工程分为东线、中线和西线三条线路,形成我国水资源“四横三纵、南北调配、东西互济”的总体格局。南水北调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,该水资源系统是一个多流域、多水源、多目标的复杂系统,涉及我国五个省市和众多用水部门的利益。对于如此复杂的调水系统来说,湖泊内工程水量的控制与工程水资源的分配将是一件非常艰巨的任务。

在南水北调工程的运营管理中,节点湖泊的工程水量控制与水资源分配是一项十分重要的研究内容,对于实现南水北调工程的目标具有重要的意义。本书以供应链管理理论和方法为背景,综合运用水文水资源学、随机控制、博弈论等理论与方法,以南水北调工程线路上的单一节点湖泊为研究对象,从理论上对南水北调水资源供应链的水量控制和水资源配置进行初步的探讨。本书的研究基于以下约束条件:

(1) 防洪安全约束。在南水北调工程沿线的每一个节点湖泊或水库中都有一个防洪控制水位,在控制水量时首先要考虑防洪安全的要求,并在这一约束下进行其他相关研究。

(2) 生态需水约束。生态需水一般包括河道内用水和河道外用水,如果生态需水没有得到保证,可能会对当地的环境造成恶劣影响,所以在进行水资源分配时还应该考虑这一约束条件。

(3) 生活用水保证约束。由于水资源是保障人类生存和发展的必需品,所以在进行南水北调水资源供应链水量控制与水资源

分配时,应该优先保证居民生活用水。

本书的研究成果主要包括以下几个方面:

(1) 南水北调水资源供应链的结构设计。本书利用供应链网络结构设计方法——物流通道法,以南水北调东线一期工程为研究对象,对南水北调水资源供应链的结构进行了设计,指出,在一定政策前提下可以将南水北调水资源供应链看作网状结构。

(2) 研究和探讨了湖泊需求缓冲水量控制的相关问题。首先界定了需求缓冲水量的内涵,分析了在节点湖泊内设置需求缓冲水量的必要性,然后利用供应链管理理论和方法详细讨论了需求缓冲水量的控制模型,并分析了水资源订货随机提前期对缓冲水量的影响。

(3) 建立了基于 VMI 理论的南水北调水资源供应链节点湖泊的周转水量控制模型,并且提出了相应的协调策略。

(4) 根据水资源的公共产品属性和供应链的产品分配理论,利用多目标规划建立了工程水资源分配模型。

由于本研究是从理论上对南水北调水资源供应链的水量控制和水资源分配进行的初步研究,而且南水北调工程目前尚未正式运行,资料收集比较困难,因此,本书通过仿真试验对书中建立的模型进行验证和分析。本研究在某些方面还存在不足之处,有待于今后进一步研究,同时也希望有关专家、学者提出宝贵的意见,为今后的研究提供指导。

注:本书得到中原工学院学术专著出版资金资助和国家自然科学基金项目(编号:U1204709)的资助。

摘 要

本书将供应链管理理论引入到南水北调工程水量控制与水资源分配模型的研究中,综合运用水文水资源学、经济学、管理学、随机控制理论和博弈论等相关学科的理论与方法,结合我国南水北调水资源系统的实际情况,从理论上探讨了南水北调水资源供应链节点湖泊的工程水量控制与水资源分配模型。首先,运用供应链的结构设计方法,以南水北调东线一期工程为研究对象,对南水北调水资源供应链的结构进行了设计和分析,为以后内容的研究奠定了基础;其次,利用应用统计分析理论与方法,建立了节点湖泊需求缓冲水量控制模型,并且从定量分析角度,探讨了随机提前期的变动性对需求缓冲水量的影响,提出了不同环境下需求缓冲水量的控制策略;再次,界定了周转水量的内涵,分析了周转水量的影响因素,并重点讨论了南水北调水资源供应链中“牛鞭效应”的随机控制问题;然后,通过引入VMI理论,建立了不同情况下周转水量的VMI控制模型及协调策略;最后,由于在南水北调水资源供应链中,节点湖泊购买工程水资源的主要目的是将其分配或销售给周边地区,所以本书还对节点湖泊的工程水资源分配进行了研究。鉴于水资源的特殊性,本书对于不同用途的工程水资源建议采取不同的分配方式,例如生态用水采用预留方式予以满足;地区居民基本生活用水遵照优先获取的原则,采取人口分配方式进行分配;其他用水采取市场分配方式等等。在此基础上,本书在各节点地区水资源购买价格信息非对称的前提下,利用多目标规划和产品分配理论,以湖泊利润最大化、工程水资源综合效益最大化和地区供水保证率均衡为目标,建立了水资源合理分配模型。

关键词: 供应链管理;南水北调;需求缓冲水量;周转水量;水资源分配

Abstract

The theory of supply chain management is introduced into water control and distribution in South-to-North Water Transfer in the thesis. Considering the actual conditions of South-to-North Water Transfer system, using the theories and methods of hydrology, economics, management, random control theory and game theory synthetically, it discusses water control and collocation of the node lake in South-to-North Water Transfer supply chain in theory. Firstly, it takes the first phase project of eastern line of South-to-North Water Transfer as research object and devises the structure of South-to-North Water Transfer supply chain. Secondly, by using theories and methods of applied statistics, it establishes the control model of buffer-demand water of the node lake, discusses the effect of stochastic lead time on buffer-demand water from quantitative angle, and puts forward strategies to control buffer-demand water under different environments. Thirdly, it defines turnover water, analyzes the influencing factors of turnover water, and discusses how to control the “bullwhip effect” in South-to-North Water Transfer supply chain. Fourthly, by introducing VMI theory, it establishes VMI control model of turnover under different circumstances. Fifthly, considering the particularity of water resources, it studies water distribution of the node lake and puts forward different distribution methods according to different water uses, such as adopting the method of reservation to allocate ecological water, adopting the method of population distribution and the principal of preferential acquisition to allocate domestic water of the residents, and

adopting the method of market allocation to allocate other water, etc. Finally, supposing the information of water purchasing price is asymmetry for all node areas, it establishes reasonable water distribution model, in order to maximize the profit of the lake and the overall benefit of water resources and to realize the equilibrium of guaranteed rate of water supply.

Key Words: supply chain management, South-to-North Water Transfer, buffer-demand water, turnover water, water distribution

目 录

前言	1
摘要	3
Abstract	4
第一章 绪论	1
1.1 研究背景与课题来源	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 课题来源	4
1.2 问题的提出及可行性分析	4
1.2.1 问题的提出	4
1.2.2 研究可行性分析	6
1.3 相关文献研究综述	8
1.3.1 水资源配置理论研究综述	8
1.3.2 供应链管理理论研究综述	18
1.3.3 南水北调工程运行管理研究综述	36
1.4 研究目的与意义	37
1.4.1 研究目的	37
1.4.2 研究意义	38
1.5 主要研究内容与创新点	39
1.5.1 主要研究内容	39
1.5.2 创新点	41
第二章 南水北调水资源供应链系统分析	43
2.1 南水北调水资源供应链的内涵及理论研究框架	43

2.1.1	南水北调工程简介	43
2.1.2	南水北调水资源供应链的内涵	45
2.1.3	南水北调水资源供应链的基本理论研究框架	46
2.2	南水北调水资源供应链的结构设计与分析	52
2.2.1	供应链的结构特点	52
2.2.2	南水北调水资源供应链结构设计的指导思想和 原则	54
2.2.3	南水北调水资源供应链的结构设计	59
2.2.4	南水北调水资源供应链的结构特征	62
2.3	南水北调水资源供应链系统运行机制分析	64
2.4	本章小结	67
第三章	南水北调水资源供应链的需求缓冲水量控制	68
3.1	工程水资源的分类与需求缓冲水量的作用	69
3.1.1	工程水资源的分类	69
3.1.2	需求缓冲水量的作用	70
3.2	供水保证率与需求缓冲水量控制模型	71
3.2.1	研究对象界定与研究假设	71
3.2.2	供水保证率的内涵及其评价指标	73
3.2.3	需求缓冲水量控制模型	83
3.3	水资源订货随机提前期与需求缓冲水量控制策略	84
3.3.1	相关符号说明	84
3.3.2	随机提前期对于需求缓冲水量影响效应分析	85
3.3.3	随机提前期情况下需求缓冲水量控制策略	98
3.4	仿真试验与分析	102
3.4.1	仿真试验计算结果	102
3.4.2	仿真试验结果分析	105

3.5 本章小结	109
第四章 基于 VMI 理论的南水北调水资源供应链周转水量	
控制	110
4.1 南水北调水资源供应链周转水量的内涵及作用	110
4.1.1 周转水量的内涵	110
4.1.2 周转水量形成的原因	112
4.1.3 周转水量控制的特点	113
4.1.4 周转水量控制的作用	115
4.2 南水北调水资源供应链的不确定性与周转水量控制	
.....	116
4.2.1 不确定性的表现形式与来源	116
4.2.2 不确定性对周转水量控制的影响	118
4.2.3 不确定性对周转水量控制影响的结果	
——“牛鞭效应”分析	120
4.2.4 减少不确定性因素的措施	135
4.3 南水北调水资源供应链周转水量 VMI 控制模型与仿	
真试验	135
4.3.1 周转水量 VMI 控制的内涵	135
4.3.2 不考虑洪水情况的周转水量 VMI 控制模型与	
仿真试验	141
4.3.3 考虑洪水情况的周转水量 VMI 控制模型与仿	
真试验	160
4.4 本章小结	170
第五章 南水北调水资源供应链水资源分配模型	171
5.1 南水北调水资源供应链水资源的分配方式	172
5.1.1 南水北调水资源供应链水资源分配的内涵	172

5.1.2	南水北调水资源供应链水资源分配原则	173
5.1.3	南水北调水资源供应链水资源分配方式的选择 ...	178
5.2	南水北调水资源供应链水资源分配模型的建立	185
5.2.1	研究对象的界定	185
5.2.2	南水北调水资源供应链水资源分配模型建立的 总体思路	185
5.2.3	南水北调水资源供应链水资源分配模型	186
5.2.4	南水北调水资源供应链水资源分配模型的求解 ...	194
5.3	仿真试验与分析	199
5.4	本章小结	201
第六章	研究结论与展望	203
6.1	研究结论	203
6.2	研究展望	205
附录	攻读博士学位期间发表的学术论文和参与项目	207
参考文献		209

第一章

绪 论

1.1 研究背景与课题来源

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。我国水资源的总量达到 58000 m^3 ，但是由于我国人口众多，所以人均拥有量相对比较匮乏，大约只有 2220 m^3 ，低于世界平均水平。②水资源时空分布极不均匀。长江以南地区的流域面积仅占全国面积的 36.5%，却拥有占全国 80.9% 的水资源总量，而在长江以北的广大地区，人口占全国的 46%，耕地占全国的 63.5%，水资源量却仅占全国的 20%。如在黄河流域，其水资源流量仅占全国河川径流的 2%，却负担了 15% 的耕地灌溉，供养 12% 的人口。由于沿岸居民对水资源的过度开发和利用，致使黄河在最近几年频繁出现断流现象，仅 1997 年一次，山东省的损失就多达 100 亿元。③水资源与人口、耕地、矿产资源分布不匹配，尤其北方地区耕地资源、矿产资源丰富，人口稠密，而水资源占有量低，水资源已经成为北方地区今后资源开发利用和社会经济持续发展的主要限制因素。

目前，我国水资源供需矛盾突出，部分地区缺水严重，国民经济布局与水资源分布不相适应，水资源供需矛盾制约着国民经

济的发展。突出表现在以下几个方面：①由于水源不足，农田供水不能完全满足农作物需求，有的灌区只能做到不充分灌溉；②全国有四百多座大中型城市供水不足，其中大约 110 座城市严重缺水；③每年影响工业产值 2000 亿元以上；④城乡用水资源分配矛盾日益突出；⑤由于受到水资源污染和过度开发利用的影响，许多河流与湖泊逐渐出现萎缩趋势等^[1]。

南水北调工程是解决我国北方地区水资源严重短缺问题的重大战略举措，是关系我国社会经济可持续发展的特大型基础设施项目。南水北调工程规划从长江下、中、上游分别向我国北方地区调水，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，形成我国水资源“四横三纵”的总体格局，实现我国水资源的南北调配、东西互济的优化配置目标。南水北调工程的基本目标是从根本上缓解我国华北和西北水资源短缺现象，实现工程涉及范围内的水资源最佳时空配置。

南水北调东线工程是南水北调总体规划“四横三纵”基本框架中的重要组成部分，规划从江苏省扬州市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、东平湖等四大调蓄湖泊。南水北调东线工程是从长江下游取水，主要为天津、黄淮海平原东部和山东半岛补充水源，与黄河中下游的引黄工程和南水北调中线工程一起共同解决华北地区水资源短缺问题，实现这一地区水资源的合理配置。供水区内有淮河、海河、黄河流域内的 25 个地市级以上城市，是淮河、海河流域缺水最严重的地区，也是全国缺水最严重的地区，东线工程是解决这些地区水资源短缺最有效的途径。

南水北调东线工程规划分三期实施，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，涉及五个省市和众多用水部门的利益。在社会主义市场经济条件下，如何保障如此复杂的巨系统正常运行是我国水资源配置与运行管理迄今为止从未遇到过的新课题，国外也无

现成经验可供借鉴。由于南水北调东线一期工程现已经开工建设,所以对于南水北调东线一期工程水资源配置系统来说,如何优化工程水资源配置,保证该系统的正常运转已经成为东线工程面临的紧迫课题^[2~3]。

水资源系统是与生态环境、社会经济相耦合的水资源生态经济复合系统,是自然资源与人工系统相结合的复合系统。随着时代的发展,水资源开发、配置和控制管理的理念、体制和技术方法也在不断发生变化,逐步由过去的“以需定供”、“纯技术经济寻优”等向“以供定需,统一管理”、“沟通与协调”的配置机制过渡和发展。在国外,美国资深的水资源专家 Whipple 提出,水资源开发、配置和管理已经进入一个以“沟通与协调”为特征的新时期。这种观点也逐步得到了不少国内外水资源研究者的认同。Whipple 还指出,一般的研究方法存在一系列算不准和算不出的实际问题,认为近期效益与成本之比的可靠性低,由于众多不确定因素的影响,长期经济效益与成本比可靠性更差。Grigg 和 Graham 等人认为,水资源开发、配置对环境的影响往往很难通过单一的指标做出评价,很难建立统一的评价指标体系,更难做出具有足够可靠程度的预测。

我国的许多专家和学者在水资源开发、配置与管理的理论与方法方面从不同的角度进行了大量的研究,得出了许多重要的研究成果。这些成果具体可以归纳为以下四类:以需定供的水资源配置、以供定需的水资源配置、基于宏观经济的水资源配置和可持续发展的水资源配置。在 21 世纪 90 年代以后,我国有许多研究人员利用软系统工程的方法对水资源的开发、配置与调度管理等方面进行了研究,如刘国纬教授把水资源系统的运行调度由以往视为结构化的问题推进到视为半结构化的问题,使得我国水资源研究迈向一个新阶段,除此以外,我国还有许多学者对水资源的半结构化问题进行了研究和探讨^[4~6],具体内容详见本书文献综述。

总之,目前水资源系统的管理应该具有两个时代特点:①服从于市场经济下的管理体制。②在实施和决策过程中将着重体现“沟通与协调”。为此,本论文将在众多研究人员对于水资源库容控制、配置与水库调度等水资源相关问题的研究成果基础上,根据我国市场经济环境下水资源系统运营的实际情况,将“供应链管理理念”引入到南水北调工程水量控制与水资源配置中,探讨基于供应链管理理论的南水北调水量控制与水资源分配模型,以便能够在理论上为我国南水北调工程水量控制与水资源分配提供一些帮助。

1.1.2 课题来源

本研究课题主要来自以下基金项目,其中主要包括:

①国家自然科学基金资助项目:“基于供应链管理的南水北调东线工程的水资源配置与调度”,项目资助编号:50379009。

②国家人文社会科学基金资助项目:“南水北调东线水资源供应链管理中的供水契约研究”,项目资助编号:03BJY037。

③高等学校博士学科点专项科研基金资助项目:“基于供应链管理的南水北调契约关系管理研究”,项目资助编号:20030294008。

1.2 问题的提出及可行性分析

1.2.1 问题的提出

南水北调工程水资源系统是一个多流域、多水源、多目标的开放性复杂大系统,涉及我国北方许多省市和众多用水部门的利益。在如此复杂的水资源配置系统中,要实现科学、合理、高效、便捷的工程水资源水量的控制与分配,合理协调地区间、部门间的水资源需求,实现供水区水资源的优化配置,保证南水北

调工程规划目标的实现,最大限度地发挥工程效益,是一件比较困难的事情。南水北调工程水量控制与水资源分配的复杂性主要表现在以下几个方面:①湖泊天然径流的随机性;②人为因素的复杂性;③决策过程的动态性;④水利工程功能的多重性;⑤调度决策的实时性;⑥数学模型及其求解技术的局限性^[8]。进入20世纪90年代以来,由于科学技术不断进步和经济的不断发展、全球化信息网络和全球化市场形成及技术变革的加速,以及我国市场化程度的不断深入和水资源短缺所带来的危害越来越明显,我国各地区围绕水资源的市场竞争也日趋激烈。所有这些因素使得水量控制与水资源分配问题呈现出明显的半结构化或非结构化特征。

同时,随着时代与经济的快速发展以及我国市场经济体制建设的不断完善,在水资源配置管理过程中应该着重考虑各种变化因素,将水资源问题与流域经济、社会发展等相结合,实现水资源配置模式的逐步转变,更好地进行水资源系统配置与管理。

最后,由于我国市场经济体制的不断完善,我国原有计划经济体制下的水资源供需行政指令计划关系也逐渐显出不足之处。因此,在市场经济体制下,应该首先完成一系列反映供需方各自利益以及能够适应环境变化的“行为规划”,这些“行为规划”能充分反映和有效协调水资源的供需关系。

对于南水北调工程这样一个复杂的水资源配置系统而言,目前国内外有许多水利专家对此进行了大量的研究,也得出了丰富的研究成果,为南水北调工程建设提供了巨大的支持和帮助。本研究在认真学习和借鉴现有的研究成果的基础之上,将企业供应链管理理念引入到水资源配置与管理中,从理论角度探讨南水北调工程沿线的节点湖泊内工程水量的控制与水资源分配模型,以便能够为我国南水北调工程的运行管理起到一定的理论指导作用。