

# Green Supply Chain Management of the Inter-Basin Water Transfer Project: Motivations, Connotations, Elements and Mechanisms

Zhisong Chen<sup>1</sup>, Huimin Wang<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Business School, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing Jiangsu

<sup>3</sup>Business School, Hohai University, Nanjing Jiangsu

Email: zhisongchen@gmail.com

Received: Jan. 12<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jan. 25<sup>th</sup>, 2018; published: Feb. 1<sup>st</sup>, 2018

---

## Abstract

Faced with the potential problems of the water resources waste and water pollution risk in the inter-basin water transfer (IBWT) project, from the perspective of green supply chain management, the implementation motivations of the green supply chain management for the IBWT project are analyzed firstly. And then, the connotations, structures, elements and characteristics of the IBWT green supply chain management are defined and analyzed. Finally, the operations mechanisms of the IBWT green supply chain management are constructed. The results show that: 1) the IBWT project has the external pressure and internal motivation to implement the green supply chain management. 2) The IBWT green supply chain management under the government regulation, is a kind of whole-process and whole-basin green operations management including green sourcing, green diversion, green storage, green purifying, green delivering, green selling and green using of water resources. The water resources efficiency and water environment interaction impact is systematically considered in the IBWT green supply chain management, to achieve the reasonable utilization of water resources, the minimum impact of water environment interaction, the benefit coordination of operation entities and efficient operations. 3) The structure of IBWT green supply chain management under the government regulation has the embedded characteristics, that is, horizontal green supply chain cooperation and vertical green supply chain coordination. 4) The IBWT green supply chain management under government control includes four factors: general factors, functional factors, supporting factors, material-base factors and flowing factors. 5) The IBWT green supply chain management is a typical supply chain management style of 'efficiency + push-pull integration + environment-friendly', protecting the public interests in priority, paying attention to the operations efficiency, resource efficiency and environmental impact, under powers interactions between the government regulation and the market operation. 6) The modules of IBWT green supply chain management includes green sourcing management, green diversion management, green storage management, green purifying management, green delivering management, green selling management and green using management.

## Keywords

Government Regulation, Inter-Basin Water Transfer Project, Green Supply Chain Management, Operations Mechanism

# 跨流域调水工程绿色供应链管理：动因、内涵、要素与机制

陈志松<sup>1</sup>, 王慧敏<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>南京师范大学商学院, 江苏 南京

<sup>2</sup>河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京

<sup>3</sup>河海大学商学院, 江苏 南京

Email: zhisongchen@gmail.com

收稿日期: 2018年1月12日; 录用日期: 2018年1月25日; 发布日期: 2018年2月1日

## 摘要

面向跨流域调水工程运营管理中存在的水资源浪费、水污染风险等潜在问题, 从绿色供应链管理的视角分析了跨流域调水工程实施绿色供应链管理的动因, 探讨了跨流域调水工程绿色供应链管理内涵、层次结构与构成要素, 并分析了跨流域调水工程绿色供应链管理的特征, 最后构建了跨流域调水工程绿色供应链管理运营机制。研究表明: 1) 跨流域调水工程具有实施绿色供应链管理的外在压力和内在动力。2) 政府管制下的跨流域调水工程绿色供应链管理, 是一种在整个跨流域调水工程中综合考虑水资源效率和水环境交互影响, 系统考虑绿色源水、绿色调水、绿色储水、绿色输水、绿色净水、绿色售水和绿色用水的全流程和全流域的绿色运营管理, 以实现水资源合理高效利用、水环境交互负影响最小、运营主体利益协调和供应链高效运作的战略目标。3) 政府管制下跨流域调水工程绿色供应链管理结构具有嵌入式特征, 即兼有横向绿色供应链合作和纵向绿色供应链协调。4) 政府管制下跨流域调水工程绿色供应链管理构成包括一般要素、功能要素、支撑要素和物质基础要素、流动要素四大类要素。5) 跨流域调水工程绿色供应链管理是典型的“效率型 + 推拉结合型 + 环境友好型”供应链管理方式, 政府管制与市场运作两种力量共同作用, 优先保障公共利益, 关注跨流域调水工程的运营效率、资源效率和环境影响。6) 跨流域调水工程绿色供应链管理模块包括绿色源水管理、绿色调水管理、绿色储水管理、绿色净水管理、绿色输水管理、绿色售水管理和绿色用水管理。

## 关键词

政府管制, 跨流域调水工程, 绿色供应链管理, 运营机制

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在全球气候变化、人口增长和水资源天然分布不均衡背景下, 世界各国为应对水资源供给不足与水资源需求逐年递增之间的矛盾, 建设和运营了多个跨流域调水工程(如我国的南水北调工程)以缓解水资源短缺问题。但无论是在缺水地区还是在丰水区, 全球水资源浪费现象依然严重、水资源滥用行为屡见不鲜。联合国“世界水资源评估计划(WWAP)”在2015年发布的《世界水资源开发报告》指出, 当前全球滥用水的情况非常严重, 以目前的用水比率推算, 全球到2030年可能将面临缺水危机, “全球水亏缺”可能高达40% [1]。结合跨流域调水工程运营管理来看, 在水资源供给侧, 跨流域调水工程的水源地、流经地和目的地, 往往是人口密集地区, 也是水污染高发地区, 从长期来看, 水源地和调水沿线能否持续保持水质达标和绿色环保、持续保持“清水廊道”仍是一个严峻的挑战; 跨流域调水工程涉及的多个运营主体之间往往缺乏有效的协同与合作导致无法有效发挥工程效益, 如何设计有效的管理模式以实现跨流域调水工程运营主体协同运营, 也是跨流域调水工程亟需解决的问题。在水资源需求侧, 跨流域调水工程的调水量往往不能充分满足受水区巨大的水资源需求, 且受水区水资源浪费现象较为严重, 水资源滥用行为较为普遍, 水资源利用效率较低。加州大学洛杉矶分校著名运营管理专家 Christopher Tang 教授在分析中国南水北调工程运营问题时指出: “中国单位工业产品的水资源消耗量是世界平均水平的10倍; 政府必须面对一个现实的问题: 水资源的低效使用”; 从长期来看, 跨流域调水工程水源地和调水沿线能否持续保持节约用水、实现水资源高效利用仍是一个亟需解决的难题。显然, 无论是从水资源供应侧还是水资源需求侧来看, 跨流域调水工程运营管理中依然存在着“大调水、大浪费、大污染”的潜在风险。

在我国特大型跨流域调水工程——南水北调工程建成并通水之前, 已有不少研究将经典的供应链管理理论与方法应用于南水北调工程运营管理中, 试图解决南水北调工程水资源定价、水资源配置及其运营协调问题, 从而涌现出了一系列具有代表性的成果。2013年, 南水北调东线一期工程正式通水; 2014年, 南水北调中线一期工程正式通水。工程运营管理中凸显出的水资源效率、水环境交互影响、水资源配置及其利益协调等问题, 也让我们重新审视已有研究的不足。2014年我国南水北调中线一期工程通水之际, 习近平主席指示南水北调工程要“继续坚持先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水的原则, 加强运行管理, 深化水质保护, 强抓节约用水”; 2016年, 习近平主席在推动长江经济带发展座谈会上指出, 要“走生态优先、绿色发展之路, 使绿水青山产生巨大生态效益、经济效益、社会效益”; 2017年, 习近平主席在十九大报告中指出, 要“推进资源全面节约和循环利用, 实施国家节水行动”, “加快水污染防治”, “推进水土流失综合治理”。著名水利专家王浩院士也指出“跨流域调水的规划论证分析和建成后的运行需求存在一定偏差”、“需要从水量配置效益角度分析水源区、受水区、营运方等不同利益主体间的协调关系” [2]。显然, 如何正确处理调水与节水、调水与治污、调水与环保的关系, 如何持续保持水质达标和水资源高效利用、构建绿色环保、节约集约、公平互惠和利益协调的运营机制, 避免“大调水、大浪费、大污染”问题, 充分发挥经济效益、社会效益和生态环境效益, 是当前以南水北调为代表的跨流域调水工程运营管理中亟需解决的重大课题。

由于绿色供应链管理具有兼顾运作绩效、资源效率和环境影响的优势, 为解决上述问题提供了合适的视角, 为跨流域调水工程构建长效的绿色运营管理模式提供了合适的思路。本研究拟基于绿色供应链管理思想, 分析跨流域调水工程实施绿色供应链管理的动因, 界定跨流域调水工程绿色供应链管理的内涵, 进而, 考虑水资源效率与水环境影响, 剖析跨流域调水工程绿色供应链管理层次结构与构成要素, 在此基础上, 分析跨流域调水工程绿色供应链管理特征, 构建跨流域调水工程绿色供应链管理运营机制, 从而为促进跨流域调水工程水资源合理高效利用、环境负影响最小、水源地公平发展和供应链高效运作提供理论参考和决策支持。

## 2. 跨流域调水工程供应链管理研究进展

近年来,不少文献把供应链管理理念引入到跨流域调水工程(主要是南水北调工程)运行管理中,对南水北调供应链管理、水资源定价、库存管理、水资源配置以及供应链协调等若干问题进行了深入研究。

### 2.1. 南水北调东线供应链管理理论基础研究

南水北调东线供应链管理理论基础的研究,主要包括南水北调供应链管理的可行性分析、南水北调供应链结构优化、柔性管理、双重目标下的运营策略等,比如,王慧敏等(2004, 2005)首先论证了供应链管理理论与方法用于南水北调运营管理的可行性,并分析了南水北调东线供应链的概念模型和运作模式[3] [4],朱九龙等(2005)对南水北调东线水资源供应链的结构进行了设计和优化[5],张莉等(2006)分析了三层结构的南水北调东线水资源供应链及其特点[6],张玲玲等(2004, 2005)研究了南水北调东线水资源供应链管理的 CAS 范式及其柔性管理[7] [8],陈志松等(2010)对社会责任与经济效益双重目标下南水北调工程运营管理的演化博弈及策略进行了研究[9]。

### 2.2. 南水北调东线供应链优化定价研究

南水北调东线供应链优化定价的研究,主要包括供应链联合定价、价格歧视、两部制定价及其配置方案等,比如,王慧敏等(2008)研究了南水北调东线水资源供应链的联合定价模型[10],张莉等(2008)建立了内外部市场价格歧视的南水北调东线水资源供应链定价模型[11],Chen 等(2013)研究了南水北调两部制定价机制及水资源优化配置方案[12]。

### 2.3. 南水北调东线供应链库存管理研究

南水北调东线供应链库存管理研究,主要包括南水北调东线供应链 VMI 库存模型及协调、多级库存控制、牛鞭效应及其控制策略等,比如,朱九龙等(2006, 2008)分别建立了南水北调水资源供应链 VMI 决策模型、非对称信息条件下的库存集中控制决策模型以及节点湖泊水资源库存控制模型[13] [14] [15],陶晓燕(2008)研究了南水北调水资源供应链多级湖泊的库存控制问题[16],侯艳红等(2008)研究了南水北调水资源供应链的 VMI 协调策略及 SRSS 模型[17] [18],朱九龙等(2005)分析了南水北调东线水资源供应链牛鞭效应的成因并提出了相应的控制对策[19]。

### 2.4. 南水北调东线供应链优化配置研究

南水北调东线供应链优化配置研究,主要包括南水北调东线供应链多目标优化配置、网络配置、基于 Newsvendor 的配置模型等,比如,朱九龙(2007)建立了南水北调东线供应链水资源配置的多目标模型[20],陶晓燕(2007)对南水北调工程沿线单节点湖泊的水资源分配行为进行了分析[21],李红艳(2010)设计了四层串行链状结构的水资源供应链网络,论证了实现南水北调东线水资源网络配置的可行性[22],陈志松等(2010, 2011)分别建立了两次订购机会下的南水北调 Newsvendor 优化配置模型[23] [24]。

### 2.5. 南水北调东线供应链协调与合作研究

南水北调东线供应链协调与合作研究,主要包括基于委托代理理论的契约协调、灵活订货量契约协调、限价约束下的优化定价与协调和非对称纳什谈判合作模型等,比如,张玲玲等(2004, 2005)研究了南水北调东线水资源供应链多级价格协调及基于委托代理理论的契约协调[25] [26],侯艳红等(2007, 2009)提出了基于属性的南水北调东线供应链协调方法,建立了南水北调东线供应链灵活订货量契约的动态规划模型[27] [28],Chen 等(2012)研究了战略顾客行为下南水北调供应链优化与协调[29],Chen 等(2012)建立了南水北调供应链合作运营的非对称 Nash 谈判模型[30],Wang 和 Chen 等(2012)研究了限价约束下的

南水北调供应链优化定价与协调方案[31], 陈志松(2017)构建了跨流域调水工程合作博弈模型[32]。

## 2.6. 研究进展评述

显然, 现有的研究较少关注到跨流域调水工程供应链运营管理中的水资源效率、水环境交互影响和政府管制因素, 较少有从绿色供应链管理视角综合考虑跨流域调水工程运营管理中的水资源效率、水环境交互影响和政府管制因素、并探讨跨流域调水工程绿色供应链管理内涵与运营机理的相关研究。

绿色供应链管理(Green Supply Chain Management, 简称 GSCM)是一种在整个供应链中全面和系统的综合考虑环境影响和资源效率的供应链管理运营模式, 它以绿色制造理论和供应链管理技术为基础, 涉及供应商、生产厂、销售商和用户, 其目的是使得产品从物料获取、加工、包装、仓储、运输、使用到报废处理的整个过程中, 对环境的负影响最小, 资源效率最高。国内外学者对绿色供应链管理基础理论及应用的研究主要集中在制造业领域, 研究了绿色供应链管理的原理[33]、绿色供应链管理的影响因素和绩效测量[34] [35] [36]、绿色供应链管理与运作绩效的关系及其评价[37] [38] [39]、绿色供应链管理的合作与协调及政府和消费者行为对绿色供应链管理的影响[40]。现有的研究对于一般意义上的制造企业绿色供应链管理问题进行了不少探讨, 但较少见跨流域调水工程绿色供应链管理问题的研究。水资源的准公共物品属性、水环境交互影响特性、跨流域调水工程的准公益性及跨流域调水工程“嵌入式”绿色供应链独特的结构特征, 决定了跨流域调水工程“嵌入式”绿色供应链管理问题具有较强的独特性, 从而使现有的理论与方法无法直接应用于该问题进行分析。本研究试图对以上不足之处加以深入研究, 从而丰富跨流域调水工程优化运营管理理论和绿色供应链管理理论, 为相关政府部门调整政策提供决策参考, 为工程的实际运营管理提供决策支持。

## 3. 跨流域调水工程绿色供应链管理动因分析与内涵界定

### 3.1. 跨流域调水工程实施绿色供应链管理的动因分析

跨流域调水工程运营主体有强大的外在压力和积极的内在动力实施绿色供应链管理: ① 政策规定。根据国家相关法规和条例的要求, 跨流域调水工程水质必须至少保持Ⅲ类水标准。② 准公益性。水资源的准公共物品属性决定了跨流域调水工程的准公益性特征, 这也决定了工程兼有公益性和经营性功能, 工程运营中应当保持水质清洁和生态环保。③ 环保偏好。跨流域调水工程受水区的顾客具有较强的环保偏好, 希望工程能够提供更加绿色环保的“产品”——更加清洁的水资源。④ 环保绩效。提供清洁水资源、提升水环境管理能力和提高水资源综合利用效率, 使得跨流域调水工程运营不仅能够获得经济绩效, 而且能够获得环保绩效。⑤ 社会责任。跨流域调水工程的政府监管主体和公益组织具有极强的社会责任意识, 工程运营主体也有自发的社会责任意识, 以保障工程水质清洁和生态环保, 并激励用水客户节约用水, 提升水资源综合利用效率。⑥ 公平互惠偏好。跨流域调水工程的运营主体也有一定的公平互惠偏好, 在工程运营管理中互惠互利、协同合作, 以保障工程运营中的水质清洁、生态环保和水资源公平配置。因此, 有必要也有可能从绿色供应链管理视角探讨跨流域调水工程的绿色运营管理机制。

### 3.2. 跨流域调水工程绿色供应链管理内涵界定

跨流域调水工程绿色供应链管理, 是一种在整个跨流域调水工程中综合考虑水资源效率和水环境交互影响的跨流域调水供应链管理理论、方法和技术体系, 在水安全优先、水环境监管和政府定价等政府管制政策下, 从管理创新和技术改进的双重视角, 以绿色供应链管理理论和水环境科学理论为基础, 以“节能、降耗、减污、增效”为指导原则, 涉及跨流域调水工程中的相关水利部门、用水户协会、水源公司、受水公司、水资源分销商和终端用户等参与主体及水源地、抽水泵站、闸站、调水渠道、调蓄湖

泊水库、输水渠道、净水设施设备和计量设施设备等工程客体, 通过对水流、商流、信息流和资金流进行控制, 从水资源保护、水资源调度、水资源存储、水资源输送、水资源净化、水资源销售到水资源使用的全过程, 系统考虑绿色源水、绿色调水、绿色储水、绿色输水、绿色净水、绿色售水和绿色用水的全过程、全场景、全渠道和全客群的绿色运营管理, 以实现水资源合理高效利用、水环境交互负影响最小、运营主体利益协调和供应链高效运作的战略目标。

#### 4. 跨流域调水工程绿色供应链管理层次结构与构成要素

跨流域调水工程绿色供应链管理中, 要系统考虑水资源效率与水环境交互影响, 构建跨流域调水工程“嵌入式”绿色供应链管理系统, 刻画绿色供应链管理系统层次结构与相互关系, 进而, 梳理跨流域调水工程绿色供应链管理系统的一般要素、功能要素、支撑要素和物质基础要素以及流动要素。

##### 4.1. 跨流域调水工程绿色供应链管理层次结构

跨流域调水工程绿色供应链管理, 涵盖了跨流域调水工程管理中水资源从绿色源头、绿色调度、绿色储存、绿色输送、绿色净化、绿色销售到绿色消费的全过程, 该过程是一个非常复杂的功能网链结构模式, 覆盖了从本地供应商(水源公司)到外地供应商(受水公司)、各区域的水资源分销商, 直到最终用户的全过程(如图 1 所示为跨流域调水工程绿色供应链管理示意图)。在政府管制下, 本地供应商与外地供应商通过构建有效的契约协调和激励机制设计实现跨流域调水工程干线运营主体的合作运营, 从而将本地供应商和外地供应商构成的横向绿色供应链视为干线水资源供应商。干线水资源供应商以两部制水价机制向各区域水资源分销商供应水资源, 水资源分销商则以阶梯式水价机制向终端用户销售水资源, 水流、商流、资金流和信息流伴随着水资源绿色供应的全过程。在此基础上, 将水资源供应商(横向绿色供应链)

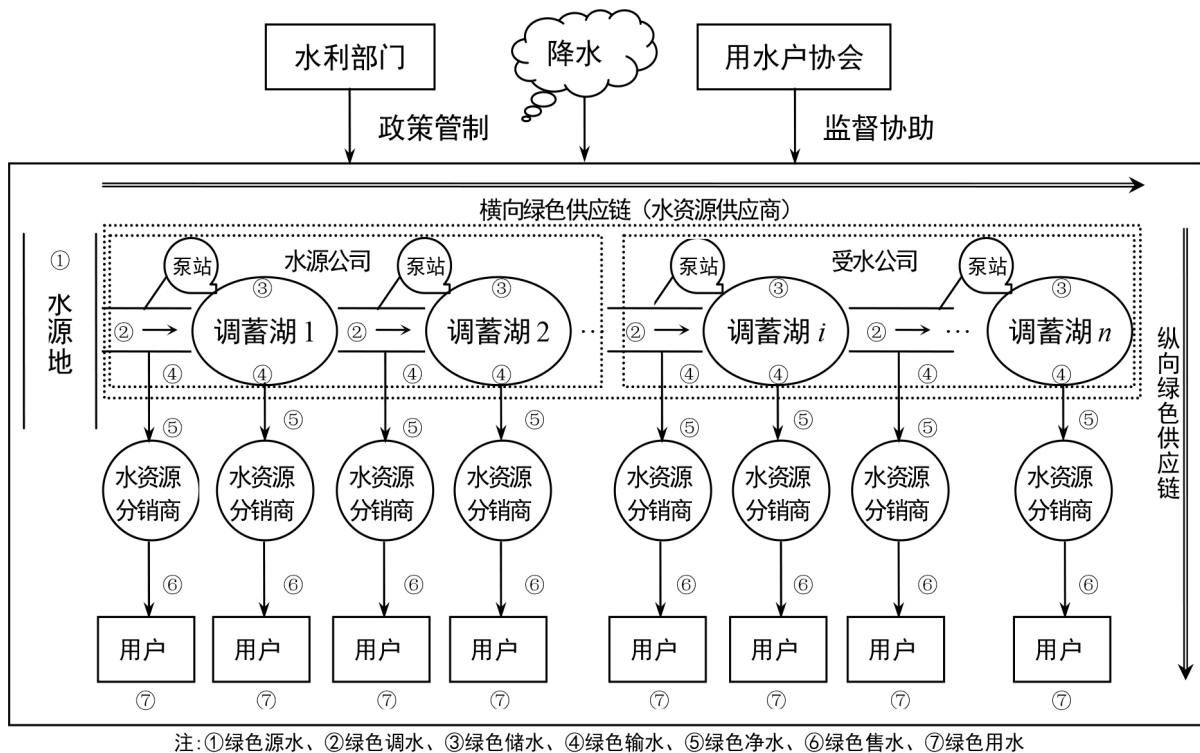


Figure 1. The schematic diagram of green supply chain management of the inter-basin water transfer project  
图 1. 跨流域调水工程绿色供应链管理示意图

和各区域的水资源分销商构成的分销供应链系统视为纵向绿色供应链, 因此, 跨流域调水工程绿色供应链系统是典型的“嵌入式”层次结构, 本地供应商和外地供应商构成的横向绿色供应链嵌入了纵向绿色供应链中。在该供应链体系中, 本地供应商和外地供应商处于核心地位, 起到对跨流域调水工程绿色供应链上的水流、商流、资金流和信息流的调度与协调中心的作用; 相关政府部门处于指导地位, 起到对整个跨流域调水工程绿色供应链运营管理进行管制与协调的作用; 用水户协会处于辅助地位, 监督绿色供应链运营管理、宣传推广绿色用水。

## 4.2. 跨流域调水工程绿色供应链管理构成要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统的构成要素主要包括: 一般要素、功能要素、支撑要素和物质基础要素以及流动要素。

### 4.2.1. 一般要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统的般要素, 主要包括参与主体、资金要素、水资源要素与水环境要素。

#### 1) 参与主体及其相互关系

跨流域调水工程绿色供应链管理系统中至少涉及以下几类参与主体: ① 第一类主体是相关政府部门, 主要包括国家水行政主管部门(包括国家水利部、跨流域调水工程管理委员会、各流域机构、各省水利厅、各省跨流域调水工程管理办公室), 国家环境保护主管部门, 水上交通运输主管部门, 工程水源地、调水沿线区域、受水区地方政府相关部门。在水安全前提下, 政府部门在跨流域调水工程管理中要兼顾经济效益、社会效益和生态环境效益。在工程常态运行过程中, 相关政府部门要对工程运行管理进行管制, 主要负责审核与监管干线工程水量调度、水质水环境监测与控制、工程运行管理、工程水污染防治和治理、工程供用水管理、干线工程与配套工程运行与保护等工作; 倡导和推广绿色源水、绿色调水、绿色储水、绿色输水、绿色净水、绿色售水和绿色用水的理念与技术, 构建节水激励机制, 奖励水资源高效利用和节约利用的用水客户; 在出现多主体、多目标之间的利益冲突时, 负责平衡与协调各利益相关方和多个矛盾目标。在工程非常态运行时, 即工程在发生水安全问题(包括洪旱灾害、突发水污染或通过相关的水文气象预报将要发生水灾害)时, 做好水安全问题预防和治理的监管工作, 最大限度地减少损失, 优先保障公共利益。② 第二类主体是相关调水公司和售水公司, 主要包括干线水资源供应商(包括干线水源公司和干线受水公司)、各地区水资源分销商。在相关政府部门审核和监管可调水总量、年度和月度调水量、水质标准前提下, 水资源供应商与各地区水资源分销商签订供水合同, 明确供水量、供水水质、交水断面、交水方式、水价机制等, 在工程常态运行过程中, 具体负责水量调度、水质水环境监测与控制、工程运行管理、工程水污染防治和治理、工程供用水管理、干线工程与配套工程运行与保护等实施工作, 负责绿色源水、绿色调水、绿色储水、绿色输水、绿色净水、绿色售水和绿色用水的具体实施工作; 在工程非常态运行时, 配合相关政府部门做好水安全问题预防和治理的实施工作。③ 第三类主体是各地区用水客户, 包括工业用户、农业用户、居民用户和生态用户等, 根据生产、生活、生态的实际需要, 合理率定用水系数、测算水资源需求量, 在相关部门绿色用水宣传教育和节水激励政策下, 积极实施节约用水、高效用水。④ 第四类主体是用水户协会, 由各类用水户组建的非营利性组织, 负责宣传贯彻相关政策、法规, 监督跨流域调水工程全流程的绿色供应链运营管理, 倡导和推广水资源高效节约利用的绿色用水理念与技术等。

在跨流域调水工程绿色供应链管理系统中, 政府部门具有较强的公益性特征, 从宏观层面对跨流域调水工程绿色供应链运营管理进行管制, 平衡与协调水源地、受水区、调水沿线和营运方的利益, 以水资源合理高效利用和水环境交互负影响最小为战略目标, 优先保障公共利益。调水和售水公司为工程营

运方, 具有较强的经营性特征, 在政府管制下, 以“节能、降耗、减污、增效”为指导原则, 从中观和微观层面对跨流域调水工程绿色供应链管理进行系统地规划、组织、协调和控制, 实现运营主体利益协调和供应链高效运作的战略目标。用水客户在政府绿色用水指导和节水激励机制下, 接受工程运营方的供水服务, 同时也积极实施节约用水、高效用水。用水户协会作为非营利性公益组织, 监督跨流域调水工程中政府、工程运营方和终端客户的水资源调度、配置和使用的全过程, 促进跨流域调水工程绿色供应链管理体系全面落地, 努力维护公共利益, 提升调水工程的社会福利。

## 2) 资金要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统中的资金要素, 主要是指工程建设资金来源和工程运营管理资金来源。跨流域调水工程是兼具有公益性和经营性的大型水利基础设施, 其建设往往需要政府和市场主体多方出资参与建设, 其资金来源主要包括政府拨款(或发行国债)、跨流域调水工程建设基金、银行贷款, 也包括少量的社会资本等。工程运营管理资金来源, 主要来自用水客户支付的水费和政府对工程绿色运营管理的财政补贴。

## 3) 水资源要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统中的水资源要素, 主要包括水资源调度以及与之相关的水权配置和交易、水灾害防治。水资源调度是指跨流域调水工程要能按时、按需供应满足生产、生活和生态要求水质等级和用途的水资源。水权是指跨流域调水工程中水资源的所有权、经营权和使用权等一系列权利的总称, 水权配置和交易主要是跨流域调水工程中水源地、调水沿线和受水区之间的水资源调度和相应的水权二次分配和交易的过程。水灾害包括洪涝、干旱、水污染等影响水安全, 影响人民群众生产生活或给人民群众造成损失的灾害, 水灾害的防治旨在及时管控洪旱灾害和水污染, 最大限度地降低损失。

## 4) 水环境要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统中的水环境要素, 主要包括跨流域调水工程水源地、调水沿线和受水区的水环境对于工程设施内水流的影响(包括输入水量、输出水量、径流量、降水量、蒸发量、水流速度、水质), 以及跨流域调水工程调水过程中水流对于水源地、调水沿线和受水区的水环境和水生态的影响(负面影响如自然河道和膨胀土渠水土流失、滑坡、坡面冲蚀、表层滑塌, 调水沿线地区土壤沼泽化、土壤次生盐碱化, 调水所经流域水生物种荣衰、生态链受损等; 正面影响如改善调水沿线和受水区的地下水水质、改善农田灌溉水质、改善调水沿线和受水区的温湿度等气候因素)。

### 4.2.2. 功能要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统中的功能要素主要包括: 供水、防洪、发电、灌溉、航运、旅游以及水质保护、水土保持、水生态环境保护、水资源绿色调度和高效节约利用等综合功能。

1) 跨流域调水工程首要功能为供水, 即通过跨流域调水工程, 按照合同约定的时间、价格、数量和质量, 将水资源从水源地调度和配置至受水区终端客户。

2) 跨流域调水工程也兼具有防洪功能, 即通过跨流域调水工程, 将水资源从丰水区、甚至是洪涝区调度和配置至调蓄湖泊或缺水区终端用水客户, 一方面有效地预防了洪灾的形成、降低了潜在洪灾带来的损失, 另一方面也满足了缺水区的的水资源需求, 有效实现了水资源跨时空高效配置和利用, 趋利避害。

3) 自流引水型跨流域调水工程, 通常水源地海拔高于调水沿线区域和受水区, 在不同区段大坝可以安装水力发电机组, 自流引水过程中, 还可以进行发电。

4) 跨流域调水工程同时也兼具有灌溉功能, 即通过跨流域调水工程, 将水资源从水源地经过调水沿线输送至受水区, 满足水源地、调水沿线和受水区农业客户的农田灌溉需求。

5) 跨流域调水工程往往也借助天然河道、人工运河和调蓄湖泊进行水资源输送, 这些天然河道、人



工运河和调蓄湖泊在优先保障跨流域调水的水量和水质前提下, 承载着内河(湖)航运功能。

6) 跨流域调水工程的水源地、调水沿线和受水区, 往往由于其天然水景、历史遗迹、文化遗存、工程奇迹等, 成为吸引众多游客的旅游胜地。

7) 跨流域调水工程全线的水资源必须要保持 III 类以上的水质, 工程全线的水质持续保护也是跨流域调水工程重要的功能要素。

8) 跨流域调水工程水资源调度过程中可能会带来水源地、调水沿线和受水区的水土流失、滑坡、坡面冲蚀、表层滑塌、土壤沼泽化和次生盐碱化, 水生物种荣衰、生态链受损等问题, 工程全线的水土保持和水生态环境保护也是重要的功能要素。

9) 跨流域调水工程水资源调度过程中存在水土流失、输水损失和航运污染, 水资源利用中存在浪费问题, 而跨流域调水工程长距离调度来的水资源尤为宝贵, 显然, 水资源绿色调度和高效节约利用也是跨流域调水工程重要的功能要素。

#### 4.2.3. 流动要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统的流动要素, 主要包括水流、商流、资金流和信息流。

水流是指水资源从水源地通过跨流域调水工程, 按照合同约定的时间、价格、数量和质量, 向受水区终端用水客户实现长距离、跨流域流动实现空间位移的过程, 其流向是由上游供应方逐级流向下游需求方, 涉及到: 流体、载体、流向、流量、流程、流速和水质等要素。

商流是指伴随着跨流域调水过程中的水资源流动, 水资源所有权从水源地向受水区终端用水客户转移的过程。

资金流是指伴随着跨流域调水过程中的水资源流动及其所有权的转移而发生的资金流动过程, 其流向与水流相反, 是由下游需求方逐级流向上游供应方。

信息流是指伴随着跨流域调水过程中的水资源流动、水资源所有权转移和相关资金流动过程, 反映水流、商流、资金流等各种活动的数据、信息、知识的双向流动过程。

#### 4.2.4. 支撑要素和物质基础要素

跨流域调水工程绿色供应链管理系统的支撑要素, 主要包括跨流域调水工程建设与运营管理的相关体制、制度和绿色技术标准等。

跨流域调水工程绿色供应链管理系统的物质基础要素, 主要包括抽水泵站、大坝、水闸、管理站、取水口、输水运河、输水河道、调蓄湖泊、调蓄水库、输水明渠、输水暗渠、输水暗涵、隧洞、管道、倒虹吸、渡槽、水量水质监测设施、水质净化设施、生态防护林、人工湿地以及护坡、护堤、界桩、界碑等工程设施, 还包括办公场所、信息网络等。

### 5. 跨流域调水工程绿色供应链管理特征分析与运营机制

#### 5.1. 跨流域调水工程绿色供应链管理特征分析

跨流域调水工程绿色供应链管理不同于通常意义上的绿色供应链管理, 主要特征体现为: ① 政府管制。水资源的准公共物品属性决定了跨流域调水工程具有典型的准公益性特征, 工程在面对洪旱灾害和突发水污染问题时应当首先保障工程的安全运行、水质清洁和生态环保。合理的政府管制可以有效保障跨流域调水工程运营管理中兼顾公益性功能和经营性功能。② 水资源效率。跨流域调水工程要考虑全流程、全场景、全渠道和全客群的水资源调度、输送和利用效率, 通过技术改进、管理创新和节水激励, 降低调水过程中的综合能耗, 降低水资源输送损耗, 提高终端用水客户的水资源利用效率。③ 水环境交互影响。由于跨流域调水是一种开放式“生产”过程, 跨流域调水工程不仅要考虑全流程、全场景、全

渠道和全客群的水资源调度、输送和利用过程对外部环境的影响, 而且还要考虑外部环境对于水资源调度和输送过程中的水质影响, 尤其是水源地环境对于源头水质的影响, 即“生产”过程与外部水环境交互影响。④ 供给侧绿色源水。跨流域调水工程水源地和调水沿线地区为保障水源清洁牺牲了大量的发展机会, 应当从国家纵向补偿、受水区横向补偿、市场化生态补偿三个维度对水源地和调水沿线地区进行经济、生态、环境等方面的补偿和扶持, 以保障工程水源地也有公平的发展机会。⑤ 需求侧绿色用水。跨流域调水工程调水量往往不能充分满足受水区巨大的水资源需求, 通过长距离、跨流域调来的水资源尤显宝贵, 调水沿线和受水区要珍惜这来之不易的清洁水源, 激励终端用水客户节约用水、促进水资源高效利用, 避免陷入“大调水、大浪费、大污染”的局面。⑥ 全员参与。跨流域调水工程要实现水资源合理高效利用、环境负影响最小、水源地公平发展和供应链高效运作, 就要求调水工程中的各级水利部门、水资源供应商、水资源分销商和终端用水客户全员参与, 协同合作。⑦ 全方位和全覆盖。跨流域调水工程绿色供应链管理体系涉及到水资源供需的上下游全过程, 包括: 绿色源水管理、绿色调水管理、绿色储水管理、绿色净水管理、绿色输水管理、绿色售水管理和绿色用水管理。⑧ 公平互惠偏好。不同于一般意义上的绿色供应链管理, 跨流域调水工程绿色供应链的运营主体也有一定的公平互惠偏好, 在工程运营管理中互惠互利、协同合作。⑨ “嵌入式”绿色供应链结构。调水渠道、调蓄湖泊和工程设施的物理固定性, 决定了跨流域调水工程中的水流、商流、信息流和资金流的方向和跨流域调水工程绿色供应链“嵌入式”的结构, 即跨流域调水工程纵向绿色供应链中还“嵌入”了横向绿色供应链。

## 5.2. 跨流域调水工程绿色供应链管理运营机制

跨流域调水工程绿色供应链管理是典型的“效率型 + 推拉结合型 + 环境友好型”供应链管理, 主要目标是充分发挥工程水资源批量调度的规模优势, 寻求水资源供需精准匹配, 努力提升供水保证率、满足水市场需求的同时削减不必要的水资源库存, 提升工程整体运营绩效, 同时降低环境负影响、提升水资源效率、改善水生态环境。跨流域调水工程绿色供应链管理系统在上游采取了拉式供应链运作方式, 而在下游则采取推式供应链运作方式, 推拉界面分离点(客户订单分离点, CODP)处于水资源分销商处。各区域水资源分销商根据年度可调水量信息, 并结合当地社会经济发展指标, 比如人口增长、GDP、工业总产值、有效灌溉面积等, 预测、分析和制定年度计划水资源需求量, 并向水资源干线供应商提交水需求订单; 水资源干线供应商(包括本地供应商和外地供应商)依据各区域水资源分销商的年度计划水资源需求量进行水资源批量调度。跨流域调水工程这种“前拉后推式”绿色供应链运营模式既可以发挥工程批量调水的规模优势, 又可以对终端水市场需求做出及时响应、满足多样化调水需求。

### 5.2.1. 跨流域调水工程绿色供应链管理的主运作流程

跨流域调水工程绿色供应链运营管理中, 要遵循开源节流并举、节水为先、可持续利用的原则, 既要考虑对水量与水质的需求, 也要考虑水资源条件的约束; 贯彻水量水质联合优化调度与配置方针, 统筹协调水源地、调水工程沿线和受水区用水, 充分考虑污水处理回用和尾水导流, 强化水质保护、水生态环境保护和水资源高效节约利用。跨流域调水工程绿色供应链运营管理的主运作流程如下:

1) 相关政府部门按照职责组织对跨流域调水工程交水断面、工程取水口、水源地和调水沿线的水量、水质进行监测, 并定期向社会公布工程供用水量、水质信息, 建立水量、水质信息共享机制; 根据跨流域调水工程水源地、调水沿线和受水区多年平均降水量、陆面蒸发量、水面蒸发量、天然径流量、地表水资源量、地下水资源量、入境水量以及社会经济发展指标(人口增长、GDP、工业总产值、有效灌溉面积等)等进行水资源供需分析, 确定工程多年平均可调水量和水质状况, 剖析调水工程水环境交互影响和水资源效率, 制定水源地、调水沿线和受水区的基本水量分配定额、各类用水客户的用水量定额和水质标准, 制定并实施水质可持续保护策略、水环境负影响的应对策略、水资源绿色调度策略以及水资源

高效节约利用的策略。

2) 跨流域调水工程水资源干线供应商(包括本地供应商和外地供应商)依据水文气象特性和水资源特性,分析制定工程年度可调水量和水质状况,并提交相关政府部门审核;在相关政府部门指导和监管下,落实水质可持续保护、水环境负影响应对和水资源绿色调度措施。

3) 跨流域调水工程水源地、调水沿线和受水区的区域水资源分销商,根据水资源干线供应商的年度可调水量信息,并结合当地社会经济发展指标,比如人口增长、GDP、工业总产值、有效灌溉面积等,分析制定年度计划水资源需求量(其中包括年度计划需水总量和月度计划需水量),并向水资源干线供应商提交水需求订单。

4) 跨流域调水工程水资源干线供应商综合平衡年度可调水量和各区域水资源分销商年度计划水资源需求量,按不同配置原则进行水资源分配,制定年度实际水资源供应量、年度水量调度计划和月度水量调度方案,涉及到航运的,与交通运输相关部门协商调整调度方案;雨情、水情出现重大变化,月水量调度方案无法实施的,及时进行方案调整,并提交给相关政府部门审核和备案。

5) 跨流域调水工程水资源干线供应商以两部制水价(由基本水价和计量水价构成)向各区域水资源分销商供水,具体供水价格是在相关政府部门指导和监管下,由水资源干线供应商和各区域水资源分销商协商制定;各区域水资源分销商向终端客户供水,供水价格一般执行阶梯式水价,阶梯式水价由相关政府部门结合区域水资源分销商运营成本、当地社会经济发展水平等因素制定,并举行价格听证会最终确定和执行。

6) 跨流域调水工程水资源干线供应商与各区域水资源分销商签订供水契约,供水契约应当包括年度供水量、供水水质、交水断面、交水方式、水价、水费缴纳时间和方式、违约责任等。

7) 跨流域调水工程终端用水客户用水需求出现重大变化,需要转让年度水量调度计划分配的水量的,由终端用水客户委托所在区域的水资源分销商与有额外水资源需求的其他水资源分销商协商,签订水资源转让契约,确定水资源转让价格,并将转让契约提交给水资源干线供应商和相关政府部门,水资源干线供应商相应地调整年度水量调度计划和月度水量调度方案,并提交相关政府部门审核通过后执行新计划和新方案。

8) 相关政府部门会同水资源干线供应商编制跨流域调水工程水资源调度应急预案,工程水源地、调水沿线和受水区根据工程水资源调度应急预案制定相应的应急预案,并提交相关政府部门审核。工程水资源调度应急预案应当针对重大洪涝灾害、干旱灾害、生态破坏事故、水污染事故、工程安全事故等突发事件,规定应急管理工作的组织指挥体系与职责、预防与预警机制、处置程序、应急保障措施以及事后恢复与重建措施等具体内容。相关政府部门宣布启动跨流域调水工程水量调度应急预案后,可以依法临时限制取水、用水、排水,征用突发事件区域的治污、供水等工程设施,统一调度相关的调水工程以及封闭通航河道、渠道、湖泊。

### 5.2.2. 跨流域调水工程绿色供应链管理的关键模块

在整个跨流域调水工程上下游综合考虑水资源效率和水环境交互影响,是跨流域调水工程绿色供应链管理的核心理念,因此,政府管制下跨流域调水工程全流程的绿色供应链管理的关键模块主要包括:绿色源水管理、绿色调水管理、绿色储水管理、绿色净水管理、绿色输水管理、绿色售水管理和绿色用水管理。

#### 1) 绿色源水管理

绿色源水管理中,首先要保障水源地和调水工程沿线的水质安全,划定工程取水口、水源地水库、工程总干渠的饮用水水源保护区,并实行严格保护。为确保跨流域调水工程水质达标,要对相关政府部

门实行水质目标责任制和考核评价制度, 相关政府部门要为工程水源地构建并实施水生态环境生态补偿机制(包括政府的转移支付补偿机制、上下游横向生态补偿机制、市场化补偿机制等), 严控工程水源地污染物排放, 水源地的水库、湖泊及河道禁止设置排污口, 禁止新建不符合国家产业政策的高耗水、高污染项目, 淘汰生产技术、工艺和设备落后、高污染的项目。

水生态环境治理方面, 水资源供应商要综合考虑跨流域调水对于工程水源地的水库、湖泊水生态环境的影响, 对于水生态系统生物多样性以及动、植物水生态链条造成破坏并进而影响水质的因素, 要及时识别并实施相应的水生态修复措施。退耕退圩、退塘还湖还湿, 增强水源地水库、湖泊的自然修复能力, 开展湖泊流域湿地与生物多样性保护, 建设大规模的人工湿地, 利用其水质净化功能消减水体污染物, 提高水体自净能力, 从而恢复或维持水生动植物赖以生存的生境完整性和多样性。水源地的水库、湖泊内禁止人工养殖和餐饮等经营活动, 禁止有毒、有害、有污染的船舶通航。水源地的水库、湖泊内通航的船舶要进行技术改造, 实现污染物船内封闭、收集上岸, 防范和杜绝船舶上的各类污染物直排水体, 同时, 要积极推动清洁能源船舶改造, 比如采用电力驱动或 LNG 动力, 最大限度地降低污染物的排放。

水污染防治方面, 相关政府部门要在调水工程水源地实行重点水污染物排放总量控制制度, 并将总量控制指标逐级分解落实到各区域水污染排放单位, 对水源地的水污染物排放单位加强监管, 水污染物排放单位应按照相关规定安装自动监测设备, 配套建设与其排放量相适应的治理设施, 进行工业点源污染治理、水质监测和排污口整治。要对调水工程水源地的农田进行农业面源污染治理, 禁止使用剧毒和高残留农药, 不得滥用化肥, 防止氮素和磷素等营养物质、农药以及其他有机或无机污染物质, 通过农田的地表径流和农田渗漏, 造成水环境污染。对调水工程水源地的畜禽养殖场的畜禽粪便、废水等进行无害化处理和资源化利用。在调水工程水源地建设垃圾处理设施, 组织收集、无害化处理城镇和农村生活垃圾, 避免污染水体环境; 在调水工程水源地建设污水集中处理设施和配套管网, 推进雨污分流管网改造, 工业、农业、城镇和农村排放的污水, 须经过污水处理设施进行集中处理后达标排放, 严禁向水源地的水库和湖泊内排放污水、倾倒垃圾。

水土保持方面, 水资源供应商为防范调水工程水源地水土流失的危害, 需建设相应的治坡工程、治沟工程和小型水利工程, 划定禁止或限制采伐、开垦区域, 种植具有水土保持功能的草本、木本植被, 建设防护林等生态隔离保护带, 封山育林育草、退耕还林还草, 并加强林草管护, 增加植被覆盖率, 保土蓄水、改良土壤, 增强土壤有机质抗蚀力。

## 2) 绿色调水管理

绿色调水管理中, 水资源供应商往往面临地势由低到高调水问题, 在此过程中需要利用泵站将水源从水源地调往供应链下游的调蓄湖泊、输水渠道和受水区, 耗费大量的能源资源成本, 水资源供应商要优化调水工程设计, 建设低耗能、高扬程泵站, 在保障抽水能力的前提下有效降低泵站设计扬程, 减少能源资源消耗。水资源供应商还应当积极开展跨流域调水工程输水耗损管理、调水沿线水环境治理、水污染防治和水土保持工作, 打造跨流域调水工程的“清水走廊”。

输水耗损管理方面, 由于地质条件、生物作用、施工不良形成漏洞和裂隙、渠床上质、过水断面形态、通过流量的大小、地下水深度、水面蒸发等因素, 导致跨流域调水工程调水沿途的漏水、渗水和蒸发等问题, 水资源供应商应当对调水沿线相关的工程设施进行精细化管理养护, 对于渗水损失过大的区段, 应采取防渗措施, 降低输水损失。

水生态环境治理方面, 水资源供应商要综合考虑调水过程对于工程沿线的河道、渠道、湖泊水生态环境的影响, 对于水生态系统生物多样性以及动、植物水生态链条造成破坏并进而影响水质的因素, 要及时识别并实施相应的水生态修复措施。开展调水工程沿线湿地与生物多样性保护, 利用其水质净

化功能消减水体污染物, 提高水体自净能力, 从而恢复或维持水生动植物赖以生存的生境完整性和多样性。要科学规划建设调水工程沿线的港口、码头等航运设施, 并配备与其吞吐能力相适应的船舶污染物接收和处理设备, 不能达到水环境保护要求的, 由相关政府部门组织治理或关闭。对调水河道、渠道中航行的各类船舶开展绿色航运监管, 对各类船舶进行技术改造, 实现污染物船内封闭、收集上岸, 防范和杜绝船舶上的各类污染物直排水体; 达不到要求的船舶和运输危险废物、危险化学品的船舶, 不得进入调水河道, 有关船闸管理单位不得放行。建设穿越、跨越、邻接跨流域调水工程输水河道的桥梁、公路、石油天然气管道、雨污水管道等工程设施时, 其建设、管理单位应当设置警示标志, 并采取有效措施, 防范工程建设、交通事故或管道泄漏等带来的安全风险。

水污染防治方面, 相关政府部门要实行重点水污染物排放总量控制制度, 并将总量控制指标逐级分解落实到各区域水污染排放单位。调水沿线的水污染物排放单位, 应当按照相关规定安装自动监测设备, 应当配套建设与其排放量相适应的治理设施, 进行工业点源污染治理、水质监测和排污口整治。对调水工程沿线的农田进行农业面源污染治理, 防止氮素和磷素等营养物质、农药以及其他有机或无机污染物, 通过农田的地表径流和农田渗漏, 造成水环境污染。对调水工程沿线的畜禽养殖场的畜禽粪便、废水等进行无害化处理和资源化利用。在调水工程沿线建设垃圾处理设施, 组织收集、无害化处理生活垃圾, 避免污染水体环境。在开放式河道、渠道的跨流域调水工程中, 水资源供应商要防范调水沿线的工业、农业、城镇和农村排放的污水和垃圾直排入调水渠道, 在调水工程沿线建设污水集中处理设施和配套管网, 推进雨污分流管网改造, 工业、农业、城镇和农村排放的污水, 应当经过这些设施进行集中处理, 实现达标排放。

水土保持方面, 跨流域调水工程水资源供应商为防范调水工程沿线水土流失的危害, 需建设相应的治坡工程、治沟工程和小型水利工程, 划定禁止或限制采伐、开垦区域, 种植具有水土保持功能的草本、木本植被, 建设防护林等生态隔离保护带, 封山育林育草、退耕还林还草, 并加强林草管护, 增加植被覆盖率, 保土蓄水、改良土壤, 增强土壤有机质抗蚀力。

### 3) 绿色储水管理

绿色储水管理中, 水资源供应商要防范调蓄湖泊周边的污水、泥沙和垃圾直排入湖泊, 开展水土保持和退耕还林工作, 在湖泊周边建设污水处理厂及垃圾处理设施, 铺设污水管网, 进行工业点源及农业面源污染治理、水质监测和排污口整治; 逐步拆除现有的网箱养殖、围网养殖设施, 严格控制人工养殖的规模、品种和密度, 取缔水库、调蓄湖泊内的投饵养殖, 发展生态渔业; 水库、调蓄湖泊内禁止餐饮等经营活动; 合理布局与优化运营水事工程, 减少水事工程对调蓄湖泊生态环境的影响; 开展调蓄湖泊流域湿地与生物多样性保护, 建设大规模的人工湿地, 利用其水质净化功能消减水体污染物, 提高水体自净能力, 从而恢复或维持水生动植物赖以生存的生境完整性和多样性; 在调蓄湖泊库容约束、工程安全和水安全前提下, 可利用调蓄湖泊、水库和相关河道适度实施“洪水资源化”工程, 实现水资源时空合理调配。

### 4) 绿色净水管理

绿色净水管理中, 水资源供应商要强化调蓄湖泊和输水渠道的控源禁排, 对入湖河流进行综合整治; 退耕退圩、退塘还湖还湿, 增强调蓄湖泊自然修复能力; 开展调蓄湖泊流域湿地与生物多样性保护, 建设大规模的人工湿地, 利用其水质净化功能消减水体污染物, 提高水体自净能力; 调水工程需维持调水河道、湖泊的基本生态用水需求, 重点保障枯水期和非调水期的生态基流, 维持调水河道、湖泊的生物生存的生态平衡, 提升水体自净能力; 建设尾水拦截、回收和导流系统——中水截蓄导用工程, 经污水处理厂处理之后达标排放的尾水不进入调蓄湖泊, 而是通过中水截蓄导用工程及其独立河道排往海洋, 同时, 这些具备正常使用功能的水资源又可以被沿途有效利用。

### 5) 绿色输水管理

绿色输水管理中, 水资源供应商通过分水口门和输水渠道向水资源分销商输送和销售水资源, 在此过程中, 水资源供应商和水资源分销商要在输水渠道沿线开展水环境治理、水污染防治和水土保持工作, 减少水土流失、降低输水损失; 同时, 在开放式的输水渠道中, 水资源供应商和水资源分销商要防范输水渠道沿线的污水和垃圾直排入输水渠道, 改善污水垃圾直排和水土流失的状况, 在输水渠道沿线建设污水处理厂及垃圾处理设施, 铺设污水管网, 进行工业点源及农业面源污染治理、水质监测和排污口整治。

### 6) 绿色售水管理

绿色售水管理中, 水资源分销商对水资源供应商输送来的水资源进行水质净化使之达到相应的水质标准, 并通过输水管道输送和销售给本地用户, 在此过程中, 由于企业和居民都有较强的环保偏好, 希望工程能够提供更加绿色环保的“产品”——更加清洁的水资源, 水资源分销商要采用生态环保工艺进行水质净化, 采用绿色环保输水管道进行水资源输送和销售; 相关政府部门和水资源分销商通过制定合理的阶梯式水价促进终端用户节约用水, 避免水资源浪费。

### 7) 绿色用水管理

绿色用水管理中, 受水区相关政府部门和水资源分销商应当统筹配置跨流域调水工程供水和当地水资源, 逐步替代超采的地下水, 严格控制地下水开发利用, 制定本区域地下水限制开采方案和计划, 禁止新增超采区的地下水取用水量, 禁止新增开采深层承压水, 改善水生态环境; 以工程供水替代不适合作为饮用水水源的当地水源, 并逐步退还因缺水挤占的农业用水和生态环境用水; 相关政府部门要对本区域的年度用水实行总量控制, 加强用水定额管理, 推广节水技术、设备和设施, 提高用水效率和效益; 鼓励、引导农民和农业生产经营组织调整农业种植结构, 因地制宜减少高耗水作物种植比例, 推行喷灌、滴灌等节水灌溉方式, 促进节水农业发展; 制定受水区禁止、限制类项目名录, 淘汰、限制高耗水、高污染的项目。通过实施阶梯式水价促进终端用户节约用水, 避免水资源浪费; 强化跨流域调水工程沿线企业和居民用户的节水教育与宣传, 转变用水观念和用水方式, 从向天要水转变到自身节水, 小到每个家庭每个人节约一滴水, 大到农业耕作方式的改变和工业产业结构的调整。

## 6. 结论

面向跨流域调水工程运营管理中存在的水资源浪费、水污染风险等潜在问题, 从绿色供应链管理的视角分析了跨流域调水工程实施绿色供应链管理的动因, 探讨了跨流域调水工程绿色供应链管理内涵、层次结构与构成要素, 并分析了跨流域调水工程绿色供应链管理的特征, 最后构建了跨流域调水工程绿色供应链管理运营机制。研究表明: 1) 跨流域调水工程具有实施绿色供应链管理的外在压力和内在动力。2) 政府管制下的跨流域调水工程绿色供应链管理, 是一种在整个跨流域调水工程中综合考虑水资源效率和水环境交互影响, 系统考虑绿色源水、绿色调水、绿色储水、绿色输水、绿色净水、绿色售水和绿色用水的全流程和全流域的绿色运营管理, 以实现水资源合理高效利用、水环境交互负影响最小、运营主体利益协调和供应链高效运作的战略目标。3) 政府管制下跨流域调水工程绿色供应链管理结构具有嵌入式特征, 即兼有横向绿色供应链合作和纵向绿色供应链协调。4) 政府管制下跨流域调水工程绿色供应链管理构成包括一般要素、功能要素、支撑要素和物质基础要素、流动要素四大类要素。5) 跨流域调水工程绿色供应链管理是典型的“效率型 + 推拉结合型 + 环境友好型”供应链管理方式, 政府管制与市场运作两种力量共同作用, 优先保障公共利益, 关注跨流域调水工程的运营效率、资源效率和环境影响。6) 跨流域调水工程绿色供应链管理模块包括绿色源水管理、绿色调水管理、绿色储水管理、绿色净水管理、绿色输水管理、绿色售水管理和绿色用水管理。

## 基金项目

国家自然科学基金资助项目(71603125, 71433003); 江苏省高校自然科学研究基金面上项目(15KJB110012); 江苏省高校哲学社会科学研究基金资助项目(2014SJB094); 中国博士后科学基金面上资助项目(2014M551623); 江苏省博士后科研资助计划项目(1301077C)。

## 参考文献 (References)

- [1] United Nations World Water Assessment Programme (2015) The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- [2] 王浩, 游进军. 中国水资源配置 30 年[J]. 水利学报, 2016, 47(3): 265-271.
- [3] 王慧敏, 张玲玲, 王宗志, 胡震云. 基于供应链的南水北调东线水资源配置与调度的可行性研究综述[J]. 水利经济, 2004, 22(3): 2-4.
- [4] 王慧敏, 胡震云. 南水北调东线供应链运营管理的若干问题探讨[J]. 水科学进展, 2005, 16(6): 864-869.
- [5] 朱九龙, 王慧敏, 陶晓燕, 佟金萍. 南水北调东线水资源供应链的结构设计与特征分析[J]. 海河水利, 2005, 24(1): 48-51.
- [6] 张莉, 王慧敏, 王璐. 南水北调东线供应链结构及资金流分析[J]. 人民黄河, 2006, 28(11): 33-34.
- [7] 张玲玲, 张乃伟, 王亮东. 用 Fuzzy-AHP 评价南水北调东线水资源供应链柔性管理水平[J]. 水利经济, 2005, 23(3): 22-24.
- [8] 张玲玲, 张乃伟, 王宗志. CAS 范式在南水北调东线水资源供应链管理中的应用[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004, 32(6): 703-706.
- [9] 陈志松, 王慧敏, 仇蕾, 陈军飞. 南水北调东线工程运营管理的演化博弈及策略研究[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1563-1569.
- [10] 王慧敏, 张莉, 杨玮. 南水北调东线水资源供应链定价模型[J]. 水利学报, 2008, 39(6): 758-762.
- [11] 张莉, 王慧敏, 杨玮. 南水北调东线供应链不同市场歧视性定价模型及仿真[J]. 系统工程, 2008, 26(3): 120-123.
- [12] Chen, Z.S., Wang, H.M. and Qi, X.T. (2013) Pricing and Water Resources Allocation Scheme for the South-to-North Water Diversion Project in China. *Water Resources Management*, 27, 1457-1472. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0248-1>
- [13] 朱九龙, 陶晓燕, 王世军. 基于 VMI 理论的南水北调水资源供应链的库存协调[J]. 中国管理科学, 2006, 14(6): 98-103.
- [14] 朱九龙. 浅谈南水北调东线供应链节点湖泊水资源库存管理[J]. 人民黄河, 2008, 30(2): 37-38.
- [15] 朱九龙. 非对称信息条件下的水资源供应链库存模型研究[J]. 管理工程学报, 2008, 22(1): 98-101.
- [16] 陶晓燕. 基于供应链管理的水资源多级库存控制研究[J]. 人民黄河, 2008, 30(5): 51-52.
- [17] 侯艳红, 王慧敏, 仇蕾. 南水北调东线供应链的 VMI 协调策略研究[J]. 工业技术经济, 2008, 27(2): 59-62.
- [18] 侯艳红, 王慧敏, 仇蕾, 王慧. 基于 VMI 契约的南水北调东线供应链 SRSS 策略及其模型[J]. 系统工程, 2008, 26(5): 29-35.
- [19] 朱九龙, 王慧敏. 南水北调东线水资源供应链中的“牛鞭效应”研究[J]. 水利经济, 2005, 23(3): 8-11.
- [20] 朱九龙. 南水北调供应链的水资源配置模型[J]. 系统工程, 2007, 25(11): 31-35.
- [21] 陶晓燕. 南水北调供应链的水资源分配方式初探[J]. 人民黄河, 2007, 29(12): 53.
- [22] 李红艳. 南水北调东线供应链与水资源网络配置分析[J]. 人民黄河, 2010(5): 48-49 + 51.
- [23] 陈志松, 王慧敏. 南水北调东线 Newsvendor 优化模型[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(11): 42-47.
- [24] 陈志松, 王慧敏. 两次订购机会下南水北调东线供应链优化[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(12): 98-103.
- [25] 张玲玲, 王慧敏, 王宗志. 需求变动下南水北调东线水资源供应链多级协调决策模型[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2005, 33(6): 616-619.
- [26] 张玲玲, 王慧敏, 王宗志. 南水北调东线水资源配置与调度供应链契约分析[J]. 水利经济, 2004, 22(4): 8-10.
- [27] 侯艳红, 王慧敏. 南水北调供应链协调机制程序化选择[J]. 人民长江, 2007, 38(9): 58-59.

- [28] 侯艳红, 王慧敏, 马树建, 林晨. 南水北调东线供应链最小订货承诺契约与灵活订货量契约研究[J]. 管理学报, 2009, 6(3): 299-326.
- [29] Chen, Z.S. and Wang, H.M. (2012) Optimization and Coordination for South-to-North Water Diversion Supply Chain in Presence of Strategic Customers' Behavior. *Water Science and Engineering*, **5**, 464-477.
- [30] Chen, Z.S. and Wang, H.M. (2012) Asymmetric Nash Bargaining Model for Eastern Route of South-to-North Water Diversion Supply Chain Cooperative Operations. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, **29**, 365-374. <https://doi.org/10.1080/10170669.2012.710878>
- [31] Wang, H.M., Chen, Z.S. and Su, S.I. (2012) Optimal Pricing and Coordination Schemes for Eastern Route of South-to-North Water Diversion Supply Chain System in China. *Transportation Journal*, **51**, 487-505. <https://doi.org/10.5325/transportationj.51.4.0487>
- [32] 陈志松. 跨流域调水供应链合作博弈模型[J]. 水资源研究, 2017, 6(6): 1-10.
- [33] 汪应洛, 王能民, 孙林岩. 绿色供应链管理的基本原理[J]. 中国工程科学, 2003, 11: 82-87.
- [34] Zhu, Q., Sarkis, J. and Geng, Y. (2005) Green Supply Chain Management in China: Pressures, Practices and Performance. *International Journal of Operations & Production Management*, **25**, 449-468. <https://doi.org/10.1108/01443570510593148>
- [35] Zhu, Q. and Sarkis, J. (2006) An Inter-Sectoral Comparison of Green Supply Chain Management in China: Drivers and Practices. *Journal of Cleaner Production*, **14**, 472-486. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.01.003>
- [36] Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K. (2008) Confirmation of a Measurement Model for Green Supply Chain Management Practices Implementation. *International Journal of Production Economics*, **111**, 261-273. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.11.029>
- [37] Zhu, Q. and Sarkis, J. (2004) Relationships between Operational Practices and Performance among Early Adopters of Green Supply Chain Management Practices in Chinese Manufacturing Enterprises. *Journal of Operations Management*, **22**, 265-289. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.005>
- [38] Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K. (2007) Green Supply Chain Management: Pressures, Practices and Performance within the Chinese Automobile Industry. *Journal of Cleaner Production*, **15**, 1041-1052. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.021>
- [39] Zhu, Q., Geng, Y., Sarkis, J. and Lai, K. (2011) Evaluating Green Supply Chain Management among Chinese Manufacturers from the Ecological Modernization Perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **47**, 808-821. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2010.09.013>
- [40] 朱庆华, 阎洪. 绿色供应链管理: 理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2013.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7924, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [jlce@hanspub.org](mailto:jlce@hanspub.org)