

文章编号: 1003-207(2006)06-0098-06

基于 VMI 理论的南水北调水资源 供应链的库存协调

朱九龙¹, 陶晓燕¹, 王世军²

(1. 中原工学院经济管理学院, 河南 郑州 450007; 2. 河海大学, 江苏 南京 210098)

摘 要: 节点湖泊水资源库存的协调控制是南水北调工程运行管理中的重要研究内容之一。通过引入供应链的产品库存控制理论, 以由长江抽水口和单个节点湖泊共同组成的简单南水北调水资源供应链为研究对象, 分别建立了水资源库存集中决策、双方独立决策和 VMI 决策等情况下的湖泊水资源最优订货量模型和双方利润模型。在此基础上, 提出了 VMI 策略下的水资源库存管理的转移支付协调策略, 并给出了该协调策略的有效性, 最后利用仿真算例对相关结论进行了验证和分析。

关键词: 供应商管理库存; 南水北调; 水资源库存; 库存协调策略

中图分类号: O225 **文献标识码:** A

1 引言

为了缓解我国北方地区的水资源严重短缺, 促进社会经济可持续发展, 南水北调工程从长江下、中、上游分别向北方地区调水, 形成东、中、西三条调水线路, 与我国长江、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。南水北调东线工程已经开工建设, 针对南水北调工程运行管理的研究也日益成为热点。在南水北调工程运行管理中主要存在以下问题^[1-2]: (1) 工程水价的合理确定; (2) 工程沿线的环境污染治理问题; (3) 实行水市场化运作后南水北调工程收益的协调分配问题; (4) 水资源的管理调度和省际交接水的管理问题; (5) 工程沿线湖泊的水资源库存协调控制问题, 等等。其中造成水资源协调控制困难的主要原因是^[1-2]: (1) 南水北调工程的引水河道是开放式的明渠, 工程沿线的用水户可以随意地引用工程水资源, 这样就造成了下游湖泊订购的水资源能否按时、按质、按量地到达; (2) 用水户对于工程水资源的需求量受到当地的降水情况、生产力发展水平以及工程水价等多方面的影响, 从而使得工程水资源管理中心很难准

确预测水资源的需求; (3) 南水北调工程跨越多个省市地区, 涉及众多组织部门和用水单位, 组织关系复杂, 从而造成了南水北调工程运行过程中的协调困难, 等等。目前学术界有许多学者对南水北调工程协调困难提出自己的解决办法, 但是更多的是从技术的角度出发, 本文在充分发挥“沟通与协调”作用的前提下, 以供应链管理中的供应商产品库存控制理论为基础, 针对南水北调工程水资源的库存协调控制进行研究, 建立不同库存控制策略下的节点湖泊水资源订货模型及各方利益计算模型, 以便为南水北调工程运行管理提供理论参考依据和实践指导作用。

供应商管理库存 (Vendor Managed Inventory, VMI) 正是为了适应供应链的一体化而出现的一种新型的供应链库存管理模式, 它是一种创新性的集成库存管理模式, 打破了传统的各自为政的库存管理局面, 通过整合供应商和客户之间的业务功能和供应链成员间的信息共享, 将下游企业的库存纳入到其隶属的上游企业的监控范围之内进行统一的管理。许多研究文献表明, VMI 的实施能够有效地改善供应链中“牛鞭效应”现象, 提高供应链整体效率水平。至今为止, 许多学者从不同的角度对 VMI 库存管理策略进行了系统的理论研究和实证分析, 例如: Abdelwahab 和 Sargious, Yano 和 Gerchak 等人从系统敏捷反映的角度建立了满足客户瞬时需求的 VMI 库存模型^[3,4]; Tayar 和 Ganeshan, Tersine 和

收稿日期: 2005-11-22; 修改日期: 2006-10-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (5037909); 国家社会科学基金资助项目 (03BJY037)

作者简介: 朱九龙 (1976-), 男 (汉族), 江西人, 河海大学博士, 中原工学院教师, 研究方向: 水资源供应链管理。

Barman 等人从供应商派送货物的经济批量规模的角度出发,建立了多个订单一次派送的库存模型,为供应商节省了大量的货物派送成本,提高了供应链的整体效益^[5,6]; Cetinkaya 和 Lee 同时考虑顾客需要的满足(即服务水平的约束)和运输货物的经济批量的要求,建立了存活不足和派送的 VMI 模型^[7]; Yan Dong 和 Kefeng Xu 以供应链的 OEM 系统为研究对象,建立了一个简单的、以确定需求量、无库存短缺和确定性提前期为基础的 EOQ 策略 VMI 的供应链模型^[8]; Disney S. M. 和 Towill D. R. 以多级供应链模型为研究对象,对由于 VMI 库存管理过程中的不确定性而产生的牛鞭效应进行了研究,并且将 VMI 策略对于牛鞭效应的影响进行了定量描述,并以石油企业为例,进行了实证分析^[9]; 姬小利通过分析 VMI 实施的效果,利用委托代理理论设计了当信息不对称情况下的 VMI 策略协调机制,并取得了不错的效果^[10]; 除此以外,还有很多学者对其进行了研究,不断丰富供应链的 VMI 库存管理理论^[11-14]。

笔者在文献[15]中首次将供应链管理理念运用到南水北调工程的水资源配置与调度中,并设计和分析了南水北调水资源供应链的结构和特点,而且在文献[16]中提出了水资源库存管理的概念。本文将采用 VMI 产品库存控制策略,通过改变传统的湖泊水资源库存管理决策权的分布,消除激励不一致的现象以及提高南水北调水资源供应链成员之间的信息共享水平,最终有效消除或减弱南水北调水资源供应链中的“牛鞭效应”和“双边际效应”现象,提高南水北调水资源供应链的整体效率水平,优化水资源配置。

2 研究系统描述

本文以南水北调东线一期工程作为研究对象。南水北调东线一期工程主要利用江苏省现有的江江水北调工程以及沿线现有的河道工程输水,从苏扬州附近长江干流取水,经骆马湖、湖泽湖、南四湖等,最终将水资源输送到黄河以北的德州市大屯水库和胶东地区威海市的米山水库。考虑到水资源的特殊性,在东线一期工程的运作过程中引入准市场运作机制,成立了江苏水源公司和山东水源公司,分别负责各省市的工程水资源的市場运作,但是这种运作机制还处于探讨阶段,还没有形成一套完整的理论体系^[1-2]。本文考虑到水资源的特殊属性,引入供应链管理理论来探讨南水北调工程水资源的库存

协调控制问题。从文献[16]可以知道,南水北调供应链的结构具有多级性,而且在该水资源供应链的结构中,各节点湖泊的库存管理运行机制基本相似。为了简化研究,本文将以长江抽水口和单个节点湖泊共同组成的简单南水北调供应链系统为对象进行研究。因此,由文献[16]可以知道,在本文的研究对象中,水资源的供应商为长江抽水口,需求商为节点湖泊。

为了研究的方便,本文只考虑单一水资源订货周期内节点湖泊的水资源库存控制决策。并且假设系统满足以下基本条件:

(1) 节点湖泊面临的水资源需求是随机性的,且需求密度函数为 $f(x)$, 分布函数为 $F(x)$, 方差为 σ , 而且 $x \geq 0, f(x) \geq 0, F(x)$ 连续、可导、递增。

(2) 节点湖泊采用 EOQ 的订货策略进行水资源的订货,并且假定水资源的订货成本很低,可以不予考虑。

(3) 整个水资源供应链系统允许发生水资源的缺货,并且当水资源发生缺货时,用水户将利用当地自有水资源替代工程水资源,及相当于整个水资源供应链系统发生水资源的销售损失。

(4) 长江抽水口的单位水资源的提水成本和输送成本不变;而且假定节点湖泊向各周边地区的供水价格基本符合市场经济的规律。

(5) 节点湖泊提出的水资源订货是一次性的,即一旦订单上传到了长江抽水口,并且长江抽水口已经开始进行水资源的提水调度,则节点湖泊就不能提出退货申请。

(6) 在本文研究的水资源订货周期内,不考虑洪水发生的情况,对于洪水发生的情况笔者将另文讨论。

系统变量说明如下:

决策变量: 节点湖泊向长江抽水口提出的水资源订货量 q 。

节点湖泊的相关参数: 节点湖泊向长江调水口买水时提供的水价 w , 节点湖泊将水资源销售给周边用水户的水价 p , 其中 $p > w$, 单位水资源的库存持有成本为 h , 单位水资源的缺货损失为 g 。

长江抽水口的相关参数: 单位水资源的提水和输送成本为 c , 向节点湖泊的供水价格 w , 其中 $w > c$ 。因为长江抽水口没有水资源库存,所以就没有相关的库存成本参数。

3 实施 VMI 前的水资源库存控制模型

3.1 集中控制的情况

在南水北调水资源供应链中, 集中控制是一种理想情况, 有时也称为水资源库存控制的一体化策略。水资源库存的集中控制也是其他库存控制策略效果比较的基准, 在水资源库存集中控制的情况下, 长江抽水口和节点湖泊之间建立了一种供应链战略联盟关系, 双方紧密合作, 共享信息, 以供应链系统利润最大化为决策出发点来确定水资源的订货量。根据利润函数的定义, 可以知道, 此时整个水资源供应链的利润函数 Π_j^1 为:

$$\Pi_j^1 = p \left(\int_0^q x f(x) dx + \int_q^\infty q f(x) dx \right) - h \int_0^q F(x) dx - g \left[f_s(k) - k(1 - F_s(k)) \right] - cq \quad (1)$$

利用文献[3, 7]中给出的求解方法, 对系统利润函数表达式(1)求解最优节点湖泊水资源的订货量 q_j^* , 可以得到:

$$q_j^* = F^{-1} \left[\frac{p-c}{p+h} \right]$$

(2) 此时, 节点湖泊的利润函数 Π_h^1 的表达式为:

$$\Pi_h^1 = p F^{-1} \left[\frac{p-c}{p+h} \right] - (p+h) \int_0^{F^{-1} \left(\frac{p-c}{p+h} \right)} F(x) dx - g \left[f_s(k) + k F_s(k) - k \right] - w F^{-1} \left[\frac{p-c}{p+h} \right] \quad (3)$$

长江抽水口的利润函数 Π_k^1 的表达式为:

$$\Pi_k^1 = (w-c) F^{-1} \left[\frac{p-c}{p+h} \right] \quad (4)$$

整个水资源供应链的利润函数 Π_j^1 的表达式为:

$$\Pi_j^1 = (p-c) F^{-1} \left[\frac{p-c}{p+h} \right] - (p+h) \int_0^{F^{-1} \left(\frac{p-c}{p+h} \right)} F(x) dx - g \left[f_s(k) + k F_s(k) - k \right] \quad (5)$$

3.2 双方独立决策的情况

在传统的水资源库存系统的管理中, 一般来说, 节点湖泊和长江抽水口双方均从自身利益出发, 对水资源库存(长江抽水口没有库存)进行独立决策, 相互之间缺少协调与合作。此时在水资源供应链中出现两个决策者, 节点湖泊决定水资源订货量, 长江抽水口决定提供给节点湖泊的水资源订货价格。节点湖泊的求解问题如下:

$$\max E \left[\Pi_h^2 \right] = p \left[\int_0^q x f(x) dx + \int_q^\infty q f(x) dx \right] - h \int_0^q F(x) dx - g \left[f_s(k) - k(1 - F_s(k)) \right] - wq \quad (6)$$

由(6)式可以推导出此时节点湖泊的最优订货量 q_s^* 为:

$$q_s^* = F^{-1} \left[\frac{p-w}{p+h} \right] \quad (7)$$

长江抽水口的求解问题如下:

$$\begin{aligned} \max E \left[\Pi_k^2 \right] &= (w-c)q \\ \text{s. t. } q_s^* &= F^{-1} \left[\frac{p-w}{p+h} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

利用等式约束最优化问题的相关算法, 可以得到下式:

$$F^{-1} \left[\frac{p-w}{p+h} \right] + \frac{c-w}{p+h} f^{-1} \left[\frac{p-w}{p+h} \right] = 0 \quad (9)$$

通过(9)式可以求解得出长江抽水口的水资源销售价格 w_s^* 。然后将 q_s^* 和 w_s^* 代入(6)和(8)式分别可以求出此时节点湖泊的利润 Π_h^2 和长江抽水口的利润 Π_k^2 。

4 实施 VMI 后的水资源供应链库存控制及效果分析

根据 VMI 思想, 可以知道, 在水资源供应链中实施 VMI 的库存管理其实就是通过节点湖泊和长江抽水口之间建立某种信息共享机制, 由长江抽水口来对节点湖泊的水资源库存状况进行监控, 实现节点湖泊的库存控制权和库存成本转移, 由长江抽水口来决定水资源订货量 q_v^* 的大小和长江抽水口的水资源销售价格 w_v^* , 同时也承担相应的成本。此时, 长江抽水口的求解问题如下:

$$\max E \left[\Pi_k^3 \right] = (w-c)q - h \int_0^q F(x) dx \quad (10)$$

节点湖泊的求解问题如下:

$$\max E \left[\Pi_h^3 \right] = p \left[\int_0^q x f(x) dx + \int_q^\infty q f(x) dx \right] - g \left[f_s(k) - k(1 - F(k)) \right] - wq \quad (11)$$

根据文献[8, 9]的研究结论, 可以得出:

$$w_v^* = c + h F(q_v^*) \quad (12)$$

$$pq_v^* - p F(q_v^*) - c - h F(q_v^*) - h q_v^* f'(q_v^*) = 0 \quad (13)$$

由式(12)和式(13)可以求出此策略下的节点湖泊水资源的最优订货量 q_v^* 。然后将 q_v^* 和 w_v^* 代入到式(10)和式(11)就可以计算得出实施 VMI 策略的长江抽水口的利润 Π_k^3 和节点湖泊的利润 Π_h^3 。

为了比较分析 VMI 实施的效果, 在此令 $\Delta \Pi_k$ 和 $\Delta \Pi_h$ 分别代表长江抽水口和节点湖泊在两种库存策略下的利润变化值, 所以可得到:

$$\Delta \Pi_k = \Pi_k^3(q_v^*) - \Pi_k^2(q_s^*) = (\Pi_k^3(q_v^*)$$

$$- \prod_k^3(q_s^*) + (\prod_k^3(q_s^*) - \prod_k^2(q_s^*)) \quad (14)$$

在式(14)中, 由于长江抽水口所决定的水资源订货量是在自身利益最大化的前提条件下进行的, 所以可以得到:

$$\prod_k^3(q_v^*) - \prod_k^3(q_s^*) > 0 \quad (15)$$

又由于在同样的水资源订货量的情况下, 实施 VMI 库存管理策略时, 长江抽水口承担了相应的库存成本, 所以可以得到:

$$\prod_k^3(q_s^*) - \prod_k^2(q_s^*) < 0 \quad (16)$$

因此, 如果没有其他约束条件, 可以知道 $\Delta \prod_k$ 的正负号无法判断。参照文献[13]提供的研究方法, 可以推导出 $\Delta \prod_k$ 为正的充分必要条件是:

$$q_v^* > q_s^* + \frac{w+h}{w-c} \int_0^{q_v^*} F(x) dx \quad (17)$$

同理, 可以证明得到:

$$\Delta \prod_h = \prod_h^3(q_v^*) - \prod_h^2(q_s^*) > 0 \quad (18)$$

因此, 通过以上的分析可以知道, 实施 VMI 策略的水资源库存管理之后, 节点湖泊的利润恒定增加, 但是要保证长江抽水口利润增加的条件比较复杂, 即在 VMI 策略下, 如果不采取一定的协调策略, 则很难保证南水北调水资源供应链中双赢局面的出现, 即难以使得 VMI 库存管理策略实施的可持续性得到保证。

5 VMI 水资源库存协调策略

从前文的分析可以知道, 在实施 VMI 策略后, 由于长江抽水口承担了相应的库存成本, 使其收益的增加难以得到保证, 而同时节点湖泊的收益恒定增加, 所以要确保双方能够合作, 使得 VMI 的水资源库存管理模式持续发展, 节点湖泊必须提供给长江抽水口一定的补偿。补偿的方式有很多, 如数量折扣、价格折扣、转移支付、库存风险分担等, 考虑到南水北调水资源供应链的实际情况, 本文在文献[11, 18-19]研究的基础上, 采用转移支付的库存协调方式来讨论南水北调水资源供应链的 VMI 库存协调策略, 并进一步分析其有效性的条件。

为了维持整个南水北调水资源供应链成员间的合作, 使得每个成员均能从合作中获利, 双方可以进行协商, 通过对公共决策变量的协商, 互相妥协, 使得双方达成一致。假设双方协商结果为: 长江抽水口以节点湖泊的水资源订货经济批量 q_v^* 的整数倍, 假设为 nq_v^* 进行水资源的提水和输送, 同时, 由

于长江抽水口代替节点湖泊对其湖泊水资源的库存进行监控和管理, 所以节点湖泊应该给予长江抽水口一定的返利 R_1 , 此时, 双方的利润函数可以修正为:

$$\prod_k^4 = \left[\frac{(n-1)^2}{2n} + 1 \right] \left[(w-c)q_v^* - h \int_0^{q_v^*} F(x) dx \right] + R_1 \quad (19)$$

$$\prod_h^4 = \left[\frac{(n-1)^2}{2n} + 1 \right] p \left[q_v^* - \int_{q_v^*}^{\infty} F(x) dx \right] - \frac{n}{2} g^\sigma [f_s(k) - k(1-F(k))] - \left[\frac{(n-1)^2}{2} + 1 \right] w_v^* q_v^* - R_1 \quad (20)$$

与没有实施 VMI 策略情况下的双方利润相比, 双方利润变化量分别为:

$$\Delta \prod_k^1 = \prod_k^4(q_s^*, w_s^*) - \prod_k^2(q_s^*, w_s^*) \quad (21)$$

$$\Delta \prod_h^1 = \prod_h^4(q_s^*, w_s^*) - \prod_h^2(q_s^*, w_s^*) \quad (22)$$

为了使得 VMI 的水资源库存管理策略能够得到持续实施, 经过协调必须使得南水北调水资源供应链双方的利润变化值 $\Delta \prod_k^1$ 和 $\Delta \prod_h^1$ 都大于或等于零, 南水北调水资源双方才可能同意继续实施 VMI 的水资源库存管理策略。由此可以求解得出有效性条件为:

$$n \leq \frac{\left(1 + \frac{w_v^*}{c} \right) q_v^* g^\sigma [f_s(k) - k(1-F_s(k))]}{\sqrt{1 + \frac{p}{h} F^{-1} \left[\frac{p+h-c}{p+h-w} \right]}} \quad (23)$$

而且:

$$R_1 \in \left\{ \frac{(n-1)^2}{2n} \cdot \left[q_v^* - \int_0^{q_v^*} F(x) dx \right], \frac{n-1}{2} \left[q_v^* - \int_0^{q_v^*} F(x) dx \right] + g^\sigma (f_s(k) + kF_s(k) - k) + \frac{1}{2n-1} w_v^* \right\} \quad (24)$$

此时, VMI 水资源库存管理策略对于供水双方来说才是一种改善, 双方的利益才可能同时增加, 真正实现供应链双赢的局面。至于 R_1 值的具体取值, 则将由长江抽水口和节点湖泊双方的谈判能力所决定, 并且由于南水北调工程的特殊性, 所以 R_1 的取值还将受到政府的干预的影响, 具体情况笔者今后将另文讨论。

6 仿真算例

为了说明文中给出的模型的内涵及进一步验证

相关结论,在此给出如下的仿真算例。假设在南水北调东线工程上某节点湖泊所面临的水资源市场需求为正态分布函数,周期水资源期望需求为 100m^3 ,方差为 20,节点湖泊水资源的销售价格为 5.5 元/ m^3 ,单位水资源的库存成本为 1.5 元/ m^3 ,湖泊的供水保证率为 0.95,水资源的缺货成本为 3.2 元/ m^3 ;长江抽水口的单位水资源输送成本为 2.1 元/ m^3 。

将算例中的数值代入到文中 3~5 节的对应模型中,可以计算得到如下结果:集中控制情况下: $q_j^* = 99.28\text{m}^3$, $\Pi_j^1 = 312.48$ 元;双方独立决策情况下: $q_s^* = 90.31\text{m}^3$, $\Pi_h^2 = 171.2$ 元, $\Pi_k^2 = 108.4$ 元,整条水资源供应链的利润为 $\Pi_h^2 + \Pi_k^2 = 279.6$ 元;VMI 策略实施后的情况: $q_v^* = 98.76$; $\Pi_k^3 = 64.27$ 元, $\Pi_h^3 = 241.53$ 元,整条水资源供应链的利润为 $\Pi_k^3 + \Pi_h^3 = 305.8$ 元;实施转移支付协调策略后, n 的取值为: $n \leq [5.76]$,即 n 取不大于 5.76 的整数,转移支付 R_1 的取值范围为 $[31.8, 69.3]$,其中 R_1 的具体数值还应该根据水资源供求双方的谈判实力和当地政府以及相关政策的影响效应来决定。

从计算结果可以看出,在水资源库存集中控制策略下,湖泊水资源的订货数量最大,而且此时水资源供应链的整体利润也是最高;然而,在水资源独立决策情况下,湖泊水资源订货量最小,水资源供应链的整体利润也是最小。因此,本次仿真试验证明了水资源集中库存控制是一种比较理想的控制策略,而相比之下,VMI 控制策略的效果比较接近集中控制策略,从而表明水资源库存 VMI 控制策略要优于独立库存控制策略。

7 结论与展望

本文运用 VMI 库存管理理论对南水北调供应链中的水资源库存控制进行了研究,分别建立了集中控制、双方独立决策和 VMI 策略下的最优水资源订货量计算模型。然后,通过比较独立决策和 VMI 策略下的南水北调水资源供应链双方的利润,得出虽然 VMI 策略可以使得整个南水北调水资源供应链的利润和节点湖泊的利润恒定增加,但是由于保证长江抽水口利润增加的条件复杂,所以为了使得 VMI 策略能够得到持续实施,本文设计了基于转移支付的 VMI 库存协调策略,并得出了转移支付策略实施的有效性条件。在此需要指出的是,本文只是

研究了非对称信息条件下的两级水资源供应链的 VMI 库存控制与协调模型,对于整条南水北调水资源供应链的库存控制及协调模型还有待于今后进一步深入的研究。

参考文献:

- [1] 河海大学技术经济研究所. 南水北调一期工程水资源配置、调度关键技术研究[R]. 2006, 121-156.
- [2] 河海大学技术经济研究所. 南水北调东线工程江苏段管理体制研究[R]. 2005, 56-78.
- [3] Abdelwahab W., Sargious M.. Freight rate structure and optimal shipment size in freight transportation logistics[J]. Transportation Rev, 1990, 6(3): 271-292.
- [4] Yano C., Gerehak Y.. Transportation contracts and safety stocks for just in time deliveries[J]. Manufacturing Oper. Management, 1989, 5(2): 314-330.
- [5] Tayur S., Ganeshan R.. Quantitative Models for Supply Chain Management [M]. Boston (MA): Kluwer Press, 1999.
- [6] Tersine R. J., Barman S.. Economic inventory transport lot sizing with quantity and freight rate discount[J]. Decision Sci., 1991, 22(5): 1171-1179.
- [7] Getinkaya Lee. Stock replenishment and shipment scheduling for vendor managed inventory system[J]. Management Sci., 2000, 46(2): 217-232.
- [8] Yan Dong, Kefeng Xu. A Supply chain model of vendor management inventory [J]. Transportation Research Part E, 2002, 38(1): 75-95.
- [9] Disney S. M., Towill D. R.. The effect of vendor management inventory (VMI) dynamics on the Bullwhip Effect[J]. International Journal of Production Economics, 2003, 85(5): 199-215.
- [10] 姬小利, 王宁生. 信息不对称情况下的 VMI 协调机制设计[J]. 系统工程, 2004, 22(11): 24-28.
- [11] 苏菊宁, 赵小惠, 杨水利. 不对称信息下供应链的库存协调[J]. 系统工程学报, 2004, 19(5): 538-542.
- [12] 晓斌, 刘鲁. 非对称需求信息下两阶段供应链协调[J]. 控制与决策, 2004, 19(5): 515-519.
- [13] 唐宏祥. VMI 对供应链性能的影响分析[J]. 中国管理科学, 2004, 12(2): 60-65.
- [14] 唐宏祥, 何建敏, 刘春林. 一类供应链的线性转移支付机理机制研究[J]. 中国管理科学, 2003, 11(6): 29-34.
- [15] 王慧敏, 朱九龙, 胡震云. 基于供应管理的南水北调水资源配置与调度[J]. 海河水利, 2004, 22(3): 5-10.
- [16] 朱九龙, 王慧敏. 南水北调水资源供应链的牛鞭效应研究[J]. 系统工程, 2005, 23(5): 1-6.
- [17] Julius C. W.. Three essays in supply chain management [D]. 2002: 43-46.

[18] Ha A. Y. . Supply – buyer contracting: asymmetric cost information and cutoff level policy for buyer participation [J] . Naval Research Logistics, 2001, 48(2) : 41– 64.

[19] Cachon Z. K. . Competitive and cooperation inventory policies in a two – stage supply chain[J]. Management Science, 1999, 45(7) : 936– 953.

Water Inventory Coordination of South-to-North Water Transfer
Project Supply Chain Based on the Theory of VMI

ZHU Jiu-long¹, TAO Xiao-yan¹, WANG Shi-jun²

(1. Economic & Management School, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China;
2. Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Coordination and control on water inventory of the node lake is an important content in operation and management of South-to-North Water Transfer Project. By introducing inventory control theory of supply chain, simple water supply chain consisting of the pumping mouth at the Changjiang River and a single node lake is studied in the article. Then optimal water ordering quantity model of the node lake, profit models of the pumping mouth and the node lake under centralized decision, independent decision and VMI decision of water inventory are established. After that, transfer payment coordination strategy of water inventory management under VMI strategy is advanced and the validity of the coordination strategy is calculated. Finally, the conclusions are validated by simulation testing.

Key words: vendor management inventory (VMI); South-to-North Water Transfer Project; water inventory; inventory coordination strategy