

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2014.06.010

基于建筑供应链的不允许缺货联合库存模型研究

钟德强, 郭 薇

(湖南工业大学 管理科学与工程研究所, 湖南 株洲 412007)

摘要: 研究由一个总承包商与多个分包商组成的建筑材料供应链联合库存问题, 在不允许缺货的情况下, 建立了库存成本模型。传统独立库存与供应链联合库存的成本比较证明, 供应链联合库存总成本低于传统独立库存总成本。并以一个总承包商、2个分包商为例, 研究了联合库存下的成本分配问题, 证明用Shapley值法分配成本, 各参与方在供应链联合库存下分担的成本均低于传统独立库存下的成本。

关键词: 建筑供应链; 不允许缺货; 联合库存; 库存成本; Shapley值法

中图分类号: F224.32

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2014)06-0048-05

Study on Joint Managed Inventory Model Under No-Shortage Based on Construction Materials Supply Chain

Zhong Deqiang, Guo Wei

(Institute of Management Science and Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Investigates the joint managed inventory(JMI) problems of construction materials supply chain consisting of one general contractor and multiple sub-contractors. On the condition that short supply is not allowed, establishes the inventory cost model. Comparing the traditional independent inventory cost and that of supply chain JMI, proves that the total cost of the JMI is lower. Taking one general contractor and two sub-contractors for an example, studies the cost allocation of joint managed inventory, and verifies that using Shapley value method to allocate the cost, the shared cost of each participant in supply chain JMI is lower than that of traditional independent inventory.

Keywords: construction material supply chain; short supply is not allowed; joint managed inventory; inventory cost; Shapley value method

0 引言

近几年, 随着我国城镇化战略的实施, 建筑业得到了迅猛发展。建筑材料作为占施工成本60%左右的基础物质, 是控制施工成本、进行控制工程造价的重点。其中材料储备占流动资金的60%以上, 物流费用占材料成本的17%左右, 即工程总造价的10%左右, 因此降低建筑材料的库存成本, 成为控制总

成本的有效途径。供应链管理思想在制造领域的成功, 给建筑业的成本管理带来了新的契机。

目前, 国内外专家对建筑供应链及联合库存的研究还处于起步阶段。郑克俊等^[1]给出了不允许缺货瞬时补货的经济订货批量(economic order quantity, EOQ)模型, 并对模型中各参数对订货批量及最优订货量对库存成本的敏感性进行分析, 体现了EOQ模型的实用价值。傅珏生^[2]讨论了允许缺货中的经

收稿日期: 2014-08-27

作者简介: 钟德强(1963-), 男, 湖南湘阴人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要从事技术创新管理, 物流与供应链管理方面的研究, E-mail: zzhongdeqi@163.com

济批量公式,并对存储模型进行了修正。叶吉庆等^[3]将联合库存思想引入建筑供应链中,以期提高建筑供应链库存水平,从而提高建筑企业竞争力。邵必林^[4]建立了建筑供应链环境下的库存成本控制模型,并与传统模型进行比较,证明了联合库存比传统模型更加节约成本。朱宏等^[5]证明了短期激励下,供应商管理库存增加了供应商相关成本,应采取相应激励措施激励供给双方采用联合库存。以上文献给出的模型存在以下缺陷:一是只考虑了1个施工方与1个供应商的情况,而建筑供应链环境下,多使用总承包商概念,总承包商将任务分包给若干分包商,因此,一个总承包商与多个分包商更符合实情;二是采用联合库存存在供应链总成本减少,但各方成本有增有减的情况,因此应该考虑对节约的成本进行合理分配。本文研究一个总承包商与多个分包商的联合库存问题,在不允许缺货情况下,建立一个一对多的库存成本模型,比较传统库存与联合库存的成本,并用Shapley值法对联合库存节约的成本进行分配。

1 模型的建立

该模型是一个包括1个总承包商, n 个分包商的模型,分包商发生材料需求,向总承包商反应。供应链中各方组成一个联合库存,共同制定订货批量,分担成本与风险。一个总承包商和 n 个分包商联合库存模型结构如图1所示。

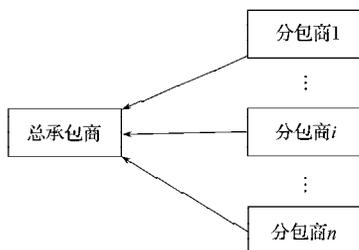


图1 联合库存模型
Fig.1 Model of JMI

模型做以下假定:

- 1) 分包商在施工过程中对产品的需求是连续均匀的,即需求速率为常数;
- 2) 总承包商的单位时间存储费不变,每次订货量不变,每次订货费不变;
- 3) 分包商的单位时间存储费用不变,每次订货量不变,每次订货费用不变;
- 4) 考虑到实际情况,不允许缺货;
- 5) 分包商与分包商、各分包商与总承包商之间相互独立。

总承包商与分包商均采用不允许缺货瞬时补货的EOQ库存控制模式。EOQ即经济订货批量,它是固定订货批量模型的一种,可以用来确定企业一次订货(外购或自制)的数量。当企业按照经济订货批量来订货时,可实现订货成本和储存成本之和最小化。在不允许缺货的经济订购批量模型中,库存量以速率 D 递减,经过 Q/D 时间,库存量消耗为零,瞬时补货使库存量达到 Q ,然后继续以速率 D 递减,如此循环反复,如图2所示。

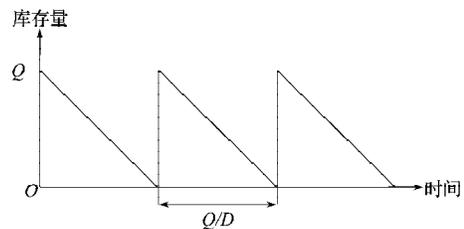


图2 不允许缺货的经济订购批量模型
Fig.2 EOQ model under no-shatage

1.1 传统独立库存模型

在传统独立库存模型中,分包商为强势方,可以根据自己的资金情况和利润最大化原则来确定经济订货批量,分包商的单位时间库存成本为(本文考虑的库存成本均为单位时间内的库存成本):

$$C_{i0} = \frac{D_i}{Q_i} K_i + \frac{Q_i}{2} H_i, \quad (1)$$

式中: Q_i 为传统库存下分包商 i 对材料的订货经济批量; D_i 为传统库存下分包商 i 对材料的需求率; H_i 为分包商 i 的单位时间存储费; K_i 为分包商 i 的单个订购费。

将式(1)对 Q_i 求导,并令其等于零,得到订货经济批量 Q_i 为

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i K_i}{H_i}}. \quad (2)$$

将式(2)代入式(1),得到分包商最小单位时间成本 $C_{i,\min}$ 为

$$C_{i,\min} = \sum_{i=1}^n \sqrt{2D_i K_i H_i}. \quad (3)$$

总承包商为供应链中的弱势方,只能被动接受分包商的订货经济批量 Q_i ,总承包商的单位时间库存成本为

$$C_z = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{Q_i} K + \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{2} H. \quad (4)$$

式中: H 为总承包商的单位时间存储费; K 为总承包商的单个订购费。

将式(2)代入,可得

$$C_x = \sum_{i=1}^n K \sqrt{\frac{H_i D_i}{2K_i}} + H \sqrt{\frac{D_i K_i}{2H_i}} \quad (5)$$

所以, 传统独立库存方法下最小单位时间库存为

$$I_1 = \sum_{i=1}^n \left(\sqrt{2D_i K_i H_i} + K \sqrt{\frac{H_i D_i}{2K_i}} + H \sqrt{\frac{D_i K_i}{2H_i}} \right) = \frac{1}{2} \sqrt{a_i} \sum_{i=1}^n \left(1 + \frac{K}{K_i} + \frac{H}{H_i} + 1 \right) = \frac{1}{2} \sqrt{a_i} \sum_{i=1}^n (a_1 + a_2) \quad (6)$$

式中:

$$a_i = 2D_i K_i H_i; \quad (7)$$

$$a_1 = 1 + \frac{K}{K_i}; \quad (8)$$

$$a_2 = 1 + \frac{H}{H_i} \quad (9)$$

1.2 联合库存模型

假定总承包商与分包商联合管理库存, 统一确定库存量, 其目的是使各节点企业对批量的需求保持一致, 消除库存放大效应和不确定性, 实现风险共担和整体供应链利润最大化。单位时间联合库存成本为

$$I_2 = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{Q_{u,i}} K + \frac{\sum_{i=1}^n Q_{u,i}}{2} H + \sum_{i=1}^n \left(\frac{D_i}{Q_{u,i}} K_i + \frac{Q_{u,i}}{2} H_i \right) \quad (10)$$

式中 $Q_{u,i}$ 为联合库存模型下分包商 i 对材料的订货经济批量。

将式(10)对 $Q_{u,i}$ 求导, 令其等于零, 得到订货经济批量 $Q_{u,i}$ 为

$$Q_{u,i} = \sqrt{\frac{2D_i(K+K_i)}{H+H_i}} \quad (11)$$

将式(11)代入式(10), 得

$$I_2 = \sum_{i=1}^n \sqrt{2D_i(K+K_i)(H+H_i)} = \sqrt{a_i} \sum_{i=1}^n \sqrt{a_1 a_2} \quad (12)$$

1.3 单位时间传统独立库存和联合库存成本比较

对单位时间联合库存成本与联合库存成本进行比较, 由上面各式可知:

$$I_1 = \frac{1}{2} \sqrt{a_i} \sum_{i=1}^n (a_1 + a_2); \quad I_2 = \sqrt{a_i} \sum_{i=1}^n \sqrt{a_1 a_2}$$

而 $\frac{1}{2} \sqrt{a_i} \sum_{i=1}^n (a_1 + a_2) \geq \sqrt{a_i} \sum_{i=1}^n \sqrt{a_1 a_2}$, 所以 $I_1 \geq I_2$ 。

得到单位时间联合库存成本小于传统独立库存成本, 联合库存方式能减少供应链库存成本, 这说明就供应链总体而言, 联合库存方式可行。联合库存在建筑领域的应用得益于计算机的快速发展, 在建筑供应链环境下, 信息依靠计算机的相互联通, 在

供应链各节点企业中迅速传递, 施工总承包商和分包商可随时对库存进行查询管理, 不仅降低了存储费用, 也避免了大量货物的堆积和价格浮动风险。联合库存管理模式是从整个供应链的角度出发, 以供应链总成本最低为目标, 真正做到了共享利益、共担风险, 为企业的长期稳定合作和深远发展带来了新的契机。

2 算例分析

Shapley 是解决 n 人合作对策问题的一种方法。当 n 个人从事某项经济活动时, 对于他们之中若干人组合的每一种合作(单人也可视为一种合作)都会得到一定的效益, 当人们之间的利益是非对抗性时, 合作中人数的增加不会引起效益的减少, 这样, 全体 n 个人的合作将会带来最大效益。 n 个人的集合及各种合作的效益就构成 n 人合作对策, Shapley 值法是分配这个最大效益的一种方案^[6]。本文以 1 个总承包商、2 个分包商为例, I 可以看成由 3 个节点企业组成的联盟体, s 为联盟体 I 的联盟子集, S_i 是 I 中包含企业 i 的所有联盟子集。 $v(s)$ 为联盟子集产生的效益, $v(s) - v(s-i)$ 表示企业 i 对子集 s 的效益所做的贡献的大小。 $W(|s|)$ 是加权因子, 总和为 1, 表示企业 i 加入集合 s 后带来的效益占企业 i 带来的总效益的比重为

$$W(|s|) = \frac{(n-|s|)! (|s|-1)!}{n!}$$

式中: $|s|$ 表示子集的数量; n 表示参与合作的对象数量, 在本算例中 n 为 3。

企业 i 加入集合 s 带来的效益为 $W(|s|)[v(s) - v(s-\{i\})]$, 企业 i 带来的总效益为 $\varphi_i(v) = \sum W(|s|)[v(s) - v(s-\{i\})]$, 将总承包商、分包商 1、分包商 2 分别记为 z, f_1, f_2 , 相关参数如下:

$K=2100$ 元/次, $H=20$ 元/t/d, $D_{f_1}=300$ t/d, $K_{f_1}=1000$ 元/次, $H_{f_1}=15$ 元/t/d, $D_{f_2}=400$ t/d, $K_{f_2}=1800$ 元/次, $H_{f_2}=16$ 元/t/d。

联合库存前各方成本为: 总承包商成本 $C_{z,\min}=10950$; 分包商 1 成本 $C_{f_1,\min}=3000$; 分包商 2 成本 $C_{f_2,\min}=4800$; 库存总成本 $I=18750$ 。

3 个企业联合库存为 $I^{(z,f_1,f_2)}=18666.57$ 。在 3 者联合库存中, 如果均摊, 则每家企业摊得 6222.19, 这对分包商来说, 比他们单独库存时的费用还大, 显然分包商不愿意。因此, 要用 Shapley 值法来分配效益。

1) 总承包商与分包商 1 联合库存, 分包商 2 单独库存为 $I^{(z,f_1)}=18668.458$ 。

2) 总承包商与分包商2 联合库存, 分包商1 单独库存为 $I^{(z,f2)}=18\ 748.113$ 。

故, $v(\emptyset)=0$; $v(z)=v(f1)=v(f2)$; $v(z,f1)=I-I^{(z,f1)}=18\ 750-18\ 668.458=81.542$ 。

$v(z,f2)=I-I^{(z,f2)}=18\ 750-18\ 748.113=1.887$;

$v(z,f1,f2)=I-I^{(z,f1,f2)}=18\ 750-18\ 666.57=83.43$ 。

总承包商利益分配情况如表1所示。

表1 总承包商的利益分配表

Table 1 The allocation of general contractor's interests

项 目	s			
	{z}	{z,f1}	{z,f2}	{z,f1,f2}
$v(s)$	0	81.542	1.887	83.43
$v(s-\{i\})$	0	0	0	0
$v(s)-v(s-\{i\})$	0	81.542	1.887	83.43
s	1	2	2	3
$W(s)$	1/3	1/6	1/6	1/3
$W(s)[v(s)-v(s-\{z\})]$	0	13.59	0.314 5	27.81

由表1中数据可得, 联合库存下总承包商分配的效益为

$$\varphi_z(v) = \sum W(|s|)[v(s)-v(s-\{z\})] = 0+13.59+0.314 5+ 27.81=41.714 5。$$

分包商1 的利益分配情况如表2所示。

表2 分包商1的利益分配表

Table 2 The allocation of contractor 1's interests

项 目	s			
	{z}	{z,f1}	{z,f2}	{z,f1,f2}
$v(s)$	0	81.542	1.887	83.43
$v(s-\{f1\})$	0	0	0	1.887
$v(s)-v(s-\{f1\})$	0	81.542	1.887	81.543
s	1	2	2	3
$W(s)$	1/3	1/6	1/6	1/3
$W(s)[v(s)-v(s-\{f1\})]$	0	13.59	0	27.181

由表2可得, 联合库存下分包商1分配的效益为

$$\varphi_{f1}(v) = \sum W(|s|)[v(s)-v(s-\{f1\})] = 0+13.59+0+27.181=40.771。$$

分包商2 的利益分配情况如表3所示。

表3 分包商2的利益分配表

Table 3 The allocation of contractor 2's interests

项 目	s			
	{f2}	{z,f1}	{z,f2}	{z,f1,f2}
$v(s)$	0	81.542	1.887	83.430
$v(s-\{f2\})$	0	81.542	0	81.542
$v(s)-v(s-\{f2\})$	0	0	1.887	1.888
s	1	2	2	3
$W(s)$	1/3	1/6	1/6	1/3
$W(s)[v(s)-v(s-\{f2\})]$	0	0	0.314 5	0.629

由表3中数据可得, 联合库存下分包商2分配的效益为

$$\varphi_{f2}(v) = W(|s|)[v(s)-v(s-\{f2\})] = 0+0+0.314 5+0.629=0.9435。$$

容易验证, $\varphi_z(v)+\varphi_{f1}(v)+\varphi_{f2}(v)=83.43$ 。这种分配不是简单的平均分配, 而是基于各合作伙伴在合作联盟经济效益产生过程中的重要程度来进行分配的一种分配方式, 有一定的合理性和优越性。最后, 在供应商管理库存总成本18 666.57中各企业的费用分担分别是:

1) 总承包商成本为

$$C_{z,\min}-\varphi_z(v)=10\ 950-41.714 5=10\ 908.285 5;$$

2) 分包商1 的成本为

$$C_{f1,\min}-\varphi_{f1}(v)=3\ 000-40.771=2\ 959.229;$$

3) 分包商2 的成本为

$$C_{f2,\min}-\varphi_{f2}(v)=4\ 800-0.943 5=4\ 799.056 5。$$

可以得出3家企业合作所得到的效益比单独一家或任意2家合作分摊的费用少, 于是3家加入联盟的积极性较高, 联盟的稳定性较好。各库存成本对比如图3所示。

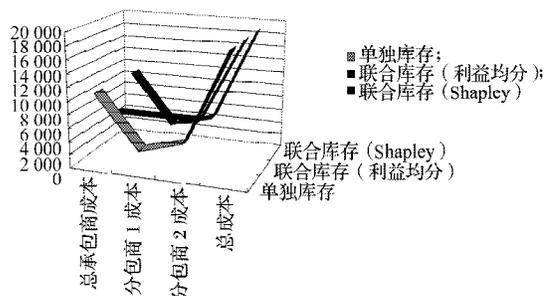


图3 各库存成本立体折线图

Fig. 3 The stereo line chart for each inventory cost

这里, $\varphi_z(v)=41.714 5$, $\varphi_{f1}(v)=40.771 0$, $\varphi_{f2}(v)=0.943 5$, $\varphi_z(v) > \varphi_{f1}(v) > \varphi_{f2}(v)$ 。这说明在三者的合作中, 总承包商的贡献最大, 其次是分包商1, 贡献最小的是分包商2。

3 结语

本文针对由一个总承包商和多个分包商组成的建筑材料供应链, 构建了一个不允许缺货的库存模型, 研究表明, 在多个分包商时联合库存成本比传统独立库存低, 这说明联合库存模型适用于多个分包商的情形。联合库存成本的分配问题分析表明, 用 Shapley 值法对节省的库存存在各节点企业进行分配, 能使各节点企业同享联合库存带来的成本减少, 从而使联合库存具有较强的稳定性。因此, 将供应链管理思想引入建筑领域有助于减少库存成本, 从整体上达到最优, 同时, 各节点企业可以共享利益, 共担风险, 为建筑企业的库存管理提供了新的思路。由于篇幅的局限性, 本文只探讨了不允许缺货情况下的联合库存优化问题, 后续的研究可从允许缺货及工期变动带来的需求不稳定等方面进行研究。

参考文献:

- [1] 郑克俊, 胡国胜. 不允许缺货瞬时补货的EOQ模型的灵敏度分析[J]. 科学技术与工程, 2006, 6(20): 3321-3324.
Zheng Kejun, Hu Guosheng. Sensitivity Analysis of EOQ Model Under No- Shortage and Instantaneous Replenish the Stock[J]. Science Technology and Engineering, 2006, 6(20): 3321-3324.
- [2] 傅珏生. 经济订货批量公式的一个注解[J]. 数理统计与管理, 2006, 25(2): 166-169.
Fu Juesheng. A Note on Economic Order Quantity Formula [J]. Application of Statistics and Management, 2006, 25 (2): 166-169.
- [3] 叶吉庆, 李锦飞. 浅析建筑供应链管理中的联合库存管理 (JMI)[J]. 商场现代化, 2007(16): 144-145.
Ye Jiqing, Li Jinfei. JMI Management in Construction Supply Chain (JMI)[J]. Market Modernization, 2007 (16): 144-145.
- [4] 邵必林. 建筑供应链管理下库存成本控制模型[J]. 物流技
术, 2012, 31(12): 376-378.
Shao Bilin. Study on Model of Inventory Cost Management in Architectural Supply Chain Management[J]. Logistics Technology, 2012, 31(12): 376-378.
- [5] 朱宏, 郭海峰, 黄小原. 供应商管理库存的利润模型及其优化策略[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2004, 25 (5): 505-507.
Zhu Hong, Guo Haifeng, Huang Xiaoyuan. Profit Model of Vendor Managed Inventory and Its Optimized Policy[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2004, 25(5): 505-507.
- [6] 刘建芬. 基于 Shapley 值法的 VMI 下合作企业间的费用分担策略[J]. 系统工程, 2005, 23(9): 80-84.
Liu Jianfen. A Strategy for Cost Sharing Among Partners Under VMI Based on the Shapley Value[J]. Systems Engineering, 2005, 23(9): 80-84.

(责任编辑: 申 剑)

.....

(上接第 41 页) 通过试验仿真得出系统误码率, 验证了改进模型有利于降低系统误码率。

参考文献:

- [1] 郭昊坤, 吴军基, 衡思坤, 等. 低压电力线通信信道噪声建模及仿真[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(13): 61-66.
Guo Haokun, Wu Junji, Heng Sikun, et al. Modeling and Simulation of the Noise in Low Voltage Power Line Communication Channel[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(13): 61-66.
- [2] 肖勇, 房莹, 张捷, 等. 低压电力线载波通信信道特性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(20): 20-25.
Xiao Yong, Fang Ying, Zhang Jie, et al. Research on Characteristics of Low Voltage Power Line Communication Channel[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(20): 20-25.
- [3] 刘海涛, 张保会, 郑涛. 低压电网信道频率响应模型的研究[J]. 电工技术学报, 2004, 19(11): 66-71.
Liu Haitao, Zhang Baohui, Zheng Tao. Research on Frequency Response Model of Low Voltage Network Channel[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2004, 19(11): 66-71.
- [4] 吴振浩. 低压电网窄带电力线通信信道的特征分析[J]. 电力与能源, 2014, 35(4): 468-474.
Wu Zhenhao. Analysis of Low Voltage Power Network Narrowband Power Line Communication Channel Characteristics[J]. Power and Energy, 2014, 35(4): 468-474.
- [5] 何威, 周克, 张超, 等. 基于 QoS 策略的低压电力线信道容量研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42 (13): 106-111.
He Wei, Zhou Ke, Zhang Chao, et al. Study of Channel Capacity for Low Power-Line Based on QoS Strategy[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(13): 106-111.
- [6] 黄银龙, 乐健, 王东旭, 等. 环网下电力线载波通信信道特性的影响因素分析[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(17): 135-139.
Huang Yinlong, Le Jian, Wang Dongxu, et al. Analysis of Influence Factors on Power Line Communication Channel Characteristics Under Ring Topology[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(17): 135-139.
- [7] Anatory J, Kissaka M M, Mvung N H. Channel Model for Broadband Power-Line Communication[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2007, 22(1): 135-141.

(责任编辑: 申 剑)