文章编号:1003－207(2011)06－0057－08

供应链库存模型联合决策的研究

李群霞,马风才,张 群

(北京科技大学东凌经济管理学院,北京 100083)

摘 要:本文对由一个供应商和多个客户组成的两级供应链进行了研究,建立了以平均库存成本为目标函数的供应链管理库存模型。分别采用了分散决策和联合决策对目标函数进行优化,获得了供应商的最佳生产时间间隔和客户的最佳订货次数。为了保证供应链中各成员均可获利,在联合决策模型中引入了补贴机制。数据分析和敏感性分析表明,基于补贴机制的联合决策要明显优于分散决策,在联合决策下供应链各成员平均库存成本显著降低。

关键词:供应链库存;联合决策;分散决策;补贴

中图分类号:F272.3 文献标识码:A

1 引言

库存管理在供应链管理中占有很重要的地位,供应链库存管理缺少协调会引起大量的库存投入、收入减少、导致错误的生产能力计划、无效的运输、错误的生产排序和低下的客户服务水平。很多学者对供应链库存管理进行了深入的研究。Goyal (1988)[1]在一对一供应链(一个供应商和一个客户)中,假设供应商和客户可通过契约方式进行协调,建立了联合经济订货批量模型。Hill(1999)[2]假设客户的需求和订货周期是可知的,将供应商和客户的成本联合考虑用于后续的决策。Hoque 和 Goyal (2006)[3]将提前期引入模型中,假设提前期可控的。Zhou 和 Wang(2007)[4]、李群霞和张群(2009, 2011)[5-6]考虑缺货和缺陷率产品对库存成本的影响。如果供应链中涉及更多的成员,模型决策将会变得更加复杂。Zahir 和 Sarker(1991)[7]在一对多供应链库存管理模型(一个供应商和多个客户)中研究了产品价格波动对客户需求机制的影响。Woo (2001)[8]对供应商购买和处理原材料行为进行了分析。Wang(2002)[9]在模型中引入折扣机制,供应商可以针对不同的客户进行不同程度的折扣。Wang 和 Wee(2002)[10]考虑了缺陷品的影响。Sarmah 等(2008)[11]为了节省运输成本,采用了一次性运输策略,假设供应商每次生产后,通过一次运输同时将产品分发给所有客户。

在实际环境中,客户会根据需求、库存状况和运输成本,定期向供应商订货,在产品的每次生产时间间隔内可采用多次订货方式来满足自己。在供应链中,客户的订货决策(订货量和订货次数)也是不一样的。因此 Sarmah 等人(2008)[11]提出的一次性运输策略在这种情况下是不适合的。Siajadi (2006)[12]表明,多次运输要优于单次运输。因此本文将根据供应商的生产和库存状况、客户的需求和库存状况以及运输费用,在生产时间间隔内允许客户多次订货。客户下达订货指令,供应商会及时地将产品运输给客户,对客户的库存进行补充,以满足客户的需求。在有些情况下,由于信息不通畅,客户无法了解供应商的生产和库存状况。客户为了节省运输成本,减少了订货次数,因此增加了每次订货数量,可能会导致供应商该时刻库存产品无法满足客户的需求。另外,供应商可能由于缺乏对客户的实际需求的了解,生产了大批产品,导致库存成本的增加和生产的浪费。因此要对供应商和客户之间进行合理地协调,保证供应商和客户的库存成本均保持在合理水平上。

从上述文献可知,目前对基于补贴机制的联合决策方法缺乏研究。本文在作者以往研究[5,6,13,14]的基础上,对一对多供应链库存管理模型联合决策进行了研究,在每次生产时间间隔内允许客户多次订货。将目标函数建立在供应链全局库存最优基础上,以整个供应链的平均库存成本作为目标函数,将基于补贴机制的联合决策方法用于一

收稿日期:2010－01－11;修订日期:2011－10－15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71172168)

作者简介:李群霞(1977－),女(汉族),河北邢台人,北京科技大学东凌经济管理学院管理科学与工程系讲师,研究方向:物流管理、供应链管理.

对多的供应链库存模型的求解。结果表明,目标函数在最佳的生产时间间隔和订货次数处存在最小的平均库存成本值。在模型中引入了补贴机制,可以保证供应链中各成员均可获利。本文也对分散决策和联合决策方法作了深入的对比分析。仿真分析表明,基于补贴机制的联合决策方法要明显优于分散决策方法。

2 供应链库存模型

文中所涉及的变量及含义如表 1 所示。

表 1 变量及其含义

变量	含义	变量	含义
A_{bi}	第 i 个客户的订货成本,$i=1,\cdots,n$	T_p	供应商的产品生产时间,$0<T_p<T_v$
B_{bi}	第 i 个客户的货物运输成本,$i=1,\cdots,n$	T_{bi}	第 i 个客户的订货时间间隔,$i=1,\cdots,n$
A_v	供应商的生产准备成本	m_{bi}	T_v 时间内第 i 个客户的订货次数,$i=1,\cdots,n$,且 $m_i=T_v/T_i$ 为正整数
h_{bi}	第 i 个客户的单位持有成本,$i=1,\cdots,n$	Q_{bi}	第 i 个客户的订货量,$i=1,\cdots,n$
h_v	供应商的单位持有成本	Q_v	T_v 时间内供应商的总生产量,$Q_v=\sum_{i=1}^{n}m_iQ_i>0$
d_i	第 i 个客户的需求率,$i=1,\cdots,n$,d_i 为常数	C_v	供应商的平均库存成本
D	总需求率,$D=\sum_{i=1}^{n}d_i$	C_{bi}	第 i 个客户的平均库存成本,$i=1,\cdots,n$
P	供应商的生产率,$P>D>0$,P 为常数	C	供应链平均库存成本
T_v	供应商的生产时间间隔	ρ	补贴系数

2.1 订货周期内库存水平变化情况

本文考虑由一个供应商和三个客户组成的两级供应链模型,供应商生产产品,客户定期向供应商订货,并以一定的需求率消耗产品。其库存水平变化情况如图 1 所示。供应商的生产率 P 为线性的,生产时间间隔为 T_v。客户每隔 T_{b1}、T_{b2} 和 T_{b3} 向供应商订货,订货量分别为 Q_{b1}、Q_{b2} 和 Q_{b3}。客户的需求率为线性,到 T_{bi} 时刻末,客户的库存水平降为 0。客户发出订货指令,供应商立即将产品发送给客户,假设货物瞬间到达,客户的库存会立即得到补充,而供应商的库存水平降低。在 T_v 末,三个客户同时向供应商订货,从图中可知,供应商的库存水平正好满足三个客户的订货量,发货完成,供应商的库存水平立即降为 0。

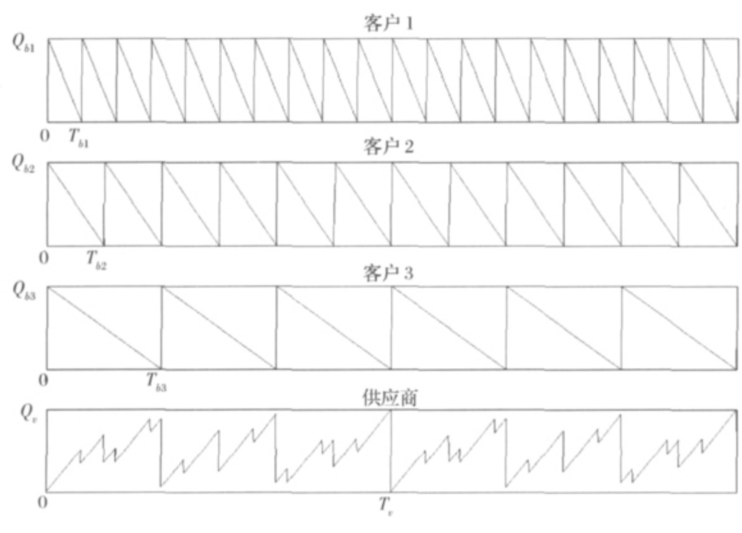

图 1 供应链中各成员的库存水平变化情况

下面对一个供应商和多个客户组成的两级供应链模型分别在分散决策和联合决策情况下进行研究,在联合决策下,根据客户需求和库存状态、供应商的生产及库存状态,合理地确定生产时间间隔 T_v 及每个客户的订货量和订货次数。

2.2 分散决策原则

在分散决策原则下,每个客户和供应商都被单独考虑,因此供应链中的每个成员的目标函数是建立在各自的平均库存成本上。供应商的平均成本 C_v 包含平均生产准备成本和平均库存持有成本。

其中，平均生产准备成本$=\frac{A_v}{T_v}$。

平均库存持有成本：

在 T_v 时间内，客户的总需求率为 $D=\sum_{i=1}^{n}d_i$，因此总需求为 T_vD 个产品。为了满足客户的需求，供应商需要生产相同数量的产品，假设供应商以生产率 P 生产，则在 $T_p<T_v$ 内就能完成生产，因此从 T_p 到 T_v 末，供应商不再生产。在 T_v 时间内，各客户以 T_{bi} 时间间隔向供应商订货，供应商将生产出来的产品及时运输到客户手中，供应商的库存水平降低，当到达 T_v 末，库存水平降为 0。供应商的平均库存持有成本为：

$$\frac{h_v}{T_v}\left[\frac{PT_p\times T_p}{2}+PT_p(T_v-T_p)-\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_{bi}-1}d_iT_{bi}(T_v-jT_{bi})\right]=h_vT_v\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{d_i}{2m_{bi}}+\frac{P-D}{2P}D\right)$$

因此供应商的平均库存成本为：

$$C_v=\frac{A_v}{T_v}+h_vT_v\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{d_i}{2m_{bi}}+\frac{P-D}{2P}D\right)\tag{1}$$

客户的平均库存成本 C_{bi} 包括平均订货成本、平均库存持有成本和平均运输成本。其中平均订货成本 $=\frac{A_{bi}}{T_{bi}}=\frac{m_{bi}A_{bi}}{T_v}$；平均库存持有成本 $=\frac{m_{bi}h_{bi}d_iT_{bi}^2}{2T_v}=\frac{h_{bi}d_iT_v}{2m_{bi}}$；平均运输成本 $=\frac{B_{bi}}{T_{bi}}=\frac{m_{bi}B_{bi}}{T_v}$，因此客户的平均库存成本：

$$C_{bi}=\frac{m_{bi}(A_{bi}+B_{bi})}{T_v}+\frac{h_{bi}d_iT_v}{2m_{bi}}\tag{2}$$

对等式(1)求二阶导数，可得 $\frac{\partial^2C_v}{\partial T_v^2}=2A_vT_v^{-3}>0$，说明对供应商来说，存在最佳生产时间间隔 T_v^*，保证有最小的平均库存值 C_v^*。因此对等式(1)求一阶导数，令其为 0，可得最佳生产时间间隔 T_v^*：

$$T_v^*=\sqrt{\frac{A_v}{h_v\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{d_i}{2m_{bi}}+\frac{P-D}{2P}D\right)}}\tag{3}$$

对等式(2)求二阶导数，可得 $\frac{\partial^2C_{bi}}{\partial m_{bi}^2}=h_{bi}d_iT_vm_{bi}^{-3}>0$，说明存在最佳订货时间 m_{bi}^*，使客户有最小的平均库存成本值 C_{bi}^*。对等式(2)求一阶导数，令其为 0，可求出客户的最佳订货次数：

$$m_{bi}^*=\sqrt{\frac{h_{bi}d_i}{2(A_{bi}+B_{bi})}}T_v^*\tag{4}$$

在分散决策原则下，供应商一般假定客户的订货次数已知，然后根据平均库存成本来决定最佳生产时间间隔；而客户一般假定供应商的生产时间间隔已知，客户需要根据其平均库存成本来确定最佳订货次数。将等式(4)代入(3)，整理后，可得下式：

$$\frac{P-D}{2P}h_vD(T_v^*)^2+h_v\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\frac{(A_{bi}+B_{bi})d_i}{2h_{bi}}}T_v^*-A_v=0$$

由于 $T_v^*>0$，因此上式有唯一解：

$$T_v^*=\frac{-h_v\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\frac{(A_{bi}+B_{bi})d_i}{2h_{bi}}}+\sqrt{\left[h_v\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\frac{(A_{bi}+B_{bi})d_i}{2h_{bi}}}\right]^2+4A_vh_vD\frac{P-D}{2P}}}{h_vD\frac{P-D}{P}}\tag{5}$$

将等式(5)代入(4)，可得最佳的订货次数 m_{bi}^*，因此可得客户和供应商的平均库存成本：

$$\begin{cases}C_{bi}^*=\sqrt{2(A_{bi}+B_{bi})h_{bi}d_i}\\ C_v^*=\frac{A_v}{T_v^*}+h_vT_v^*\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{d_i}{2m_{bi}^*}+\frac{P-D}{2P}D\right)\end{cases}\tag{6}$$

在分散决策原则下，供应链的平均库存成本为

$$C^*=\sum_{i=1}^{n}C_{bi}^*+C_v^*=\sum_{i=1}^{n}\sqrt{2(A_{bi}+B_{bi})h_{bi}d_i}+\frac{A_v}{T_v^*}+h_vT_v^*\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{d_i}{2m_{bi}^*}+\frac{P-D}{2P}D\right)\tag{7}$$

2.3　联合决策原则

分散决策是建立在局部库存最优化基础之上的，忽略了供应链中其他成员对它的影响，更没有考虑到局部目标函数可能会在成员间引起冲突，造成供应链绩效的次优化。联合决策将供应链作为一个整体考虑，可解决供应链绩效的次优化问题。在联合决策原则下，需要对供应链上各成员进行平衡和协调，包括供应商的生产能力和库存水平，客户的需求和库存水平以及运输成本。一般情况下，供应商为供应链中的最大利益方，为了对各成员利益进行

平衡，达到多赢的目的，在供应链中引入补贴机制，由供应链中最大利益方对最小利益方进行合理地补贴，保证供应链中的各个成员均可获利。假设根据订货量和订货次数对客户补贴，即补贴 $=\rho Q_{bi}m_{bi}=\rho T_v d_i, i=1,\cdots,n$，则供应商总补贴为 $\sum_{i=1}^{n}\rho T_v d_i=\rho T_v\sum_{i=1}^{n}d_i=\rho D T_v$，因此供应商平均库存成本和客户平均库存成本变为：

$$\begin{cases} C_v=\dfrac{A_v}{T_v}+h_v T_v(\sum_{i=1}^{n}\dfrac{d_i}{2m_{bi}}+\dfrac{P-D}{2P}D)+\rho D T_v \\ C_{bi}=\dfrac{m_{bi}(A_{bi}+B_{bi})}{T_v}+\dfrac{h_{bi}d_i T_v}{2m_{bi}}-\rho d_i T_v \end{cases} \tag{8}$$

供应链总平均库存成本为：

$$C=\sum_{i=1}^{n}C_{bi}+C_v=\frac{1}{T_v}[\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v]+T_v(\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D) \tag{9}$$

由上式可知，虽然引入了补贴机制，但是并没有改变原有目标函数，因此不影响模型的最优解，只影响供应商和客户的平均库存成本。为了得到上式最优解 T_v^*，可对上式求一阶导数，并令其为 0，即

$$\frac{\partial C}{\partial T_v}=-\frac{1}{T_v^2}[\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v]+(\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D)=0$$

则生产时间间隔 T_v^* 为

$$T_v^*=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v}{\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D}} \tag{10}$$

对等式（9）求二阶导数，可得 $\frac{\partial^2 C}{\partial T_v^2}=2T_v^{-3}[\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v]>0$，说明等式(9)存在如下的最小的平均库存成本：

$$\bar{C}=\sqrt{2[\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v](\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D)} \tag{11}$$

因为：

$$\frac{\partial^2\bar{C}}{\partial m_{bi}^2}=\sqrt{2}\lambda^{\frac{1}{2}}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}^3}d_i(1-\frac{\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i}{\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D})>0,$$

则上式存在最佳的订货次数，能够使上式在最佳的订货次数处存在最小值 C^*。为了求出每个客户的最佳订货次数，对上式(11)再求一阶导数，并为 0，即

$$\frac{\partial\bar{C}}{\partial m_{bi}}=\frac{\sqrt{2}}{2}[\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v]^{-\frac{1}{2}}(A_{bi}+B_{bi})(\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D)^{\frac{1}{2}}-\frac{\sqrt{2}}{2}[\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v]^{\frac{1}{2}}(\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D)^{-\frac{1}{2}}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}^2}d_i=0 \tag{12}$$

设

$$\frac{A_{bi}+B_{bi}}{\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}^2}d_i}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(A_{bi}+B_{bi})m_{bi}+A_v}{\sum_{i=1}^{n}\frac{h_{bi}+h_v}{2m_{bi}}d_i+h_v\frac{P-D}{2P}D}=\lambda \tag{13}$$

将上式（13）带入等式（12），可得 $\lambda=\frac{2A_v P}{h_v(P-D)D}$，可见 λ 与 n 和 m_{bi} 无关，因此可得

$$m_{bi}^*=\sqrt{\lambda\frac{h_{bi}+h_v}{2(A_{bi}+B_{bi})}d_i}=\sqrt{\frac{A_v P}{(P-D)h_v D}\frac{h_{bi}+h_v}{A_{bi}+B_{bi}}d_i} \tag{14}$$

将等式(14)代入等式(10)，可得最佳的生产时间间隔 T_v^*，将等式(14)代入等式(11)，可得供应链的平均库存成本最小值：

$$C^*=\sum_{i=1}^{n}\sqrt{(h_{bi}+h_v)(A_{bi}+B_{bi})d_i}+\sqrt{(1-\frac{D}{P})A_v h_v D} \tag{15}$$

3 算例

下面对本文提出的供应链模型的有效性进行验证。假设模型包括一个供应商和两个客户，其数据如下：

(1)供应商：

一次生产准备成本：$A_v=30000$ 元/次；生产率：$P=45000$ 件/年；单位持有成本：$h_v=12$ 元/件/年。

(2)客户：

一次订货成本：$A_{b1}=500$ 元/次，$A_{b2}=800$

元/次；一次运输成本：$B_{b1}=2000$ 元/次，$B_{b2}=3000$ 元/次；单位持有成本：$h_{b1}=15$ 元/件/年，$h_{b2}=8$ 元/件/年；需求率：$d_1=15000$ 件/年，$d_2=10000$ 件/年。

将数据代入上述各个等式，可得分散决策和联合决策下的最优解。从表 2 可知，当不考虑补贴即 $\rho=0$ 时，实施联合补偿，供应商的平均库存成本显著下降，供应链的总平均库存成本也有所降低，但是客户的平均库存成本增加了，因此对于客户来说，联合决策机制并不会给客户带来任何成本的降低。为了解决该问题，本文在联合决策中引入补贴激励机制，由供应商贡献部分利益用于补偿下游客户，以保证在联合决策下，供应链中各成员均可获利。数据分析表明，当补贴系数 $\rho=0.4$，除供应商外，供应链中各客户也节约了成本。与分散决策相比，客户和供应商单位时间内分别节省了 2914 元，122 元和 2820 元，总成本相对节省了 3.26%。另外，补贴机制并不改变联合决策下的最佳客户订货次数 m_{bi}^* 和生产时间间隔 T_v^*。

表 2　分散决策和联合决策最优解比较

优化	客户 1		客户 2		供应商		供应链
	m_{b1}^*	C_{b1}^*	m_{b2}^*	C_{b2}^*	T_v^*	C_v^*	C^*
分散决策	4	34446	2	25529	0.4729	119790	179770
联合决策（$\rho=0$）	7	35858	4	28291	0.7211	109760	173910
成本差异	N/A	−1412	N/A	−2762	N/A	10030	5860
成本差异相对比	N/A	−4.10%	N/A	−10.82%	N/A	8.37%	3.26%
分散决策	4	34446	2	25529	0.4729	119790	179770
联合决策（$\rho=0.4$）	7	31532	4	25407	0.7211	116970	173910
成本差异	N/A	2914	N/A	122	N/A	2820	5860
成本差异相对比	N/A	8.46%	N/A	0.48%	N/A	2.35%	3.26%

4　敏感性分析

4.1　补贴系数 ρ 对供应链的影响

补贴系数 $0\leqslant\rho\leqslant1$。如图 2 所示，“LH”表示联合决策，“FS”表示分散决策，则“LH-Cb1*”、“LH-Cb2*”、“LH-Cv*”和“LH-C*”分别表示在联合决策下的客户 1、客户 2、供应商和供应链的平均库存成本；而“FS-Cb1*”、“FS-Cb2*”、“FS-Cv*”和“FS-C*”分别表示在分散决策下的平均库存成本（下同）。客户 1 当补贴系数大于 0.13 时开始在联合决策下获利。客户 2 当补贴系数大于 0.39 时开始获利。由于补贴出自供应商，当补贴系数大于 0.57

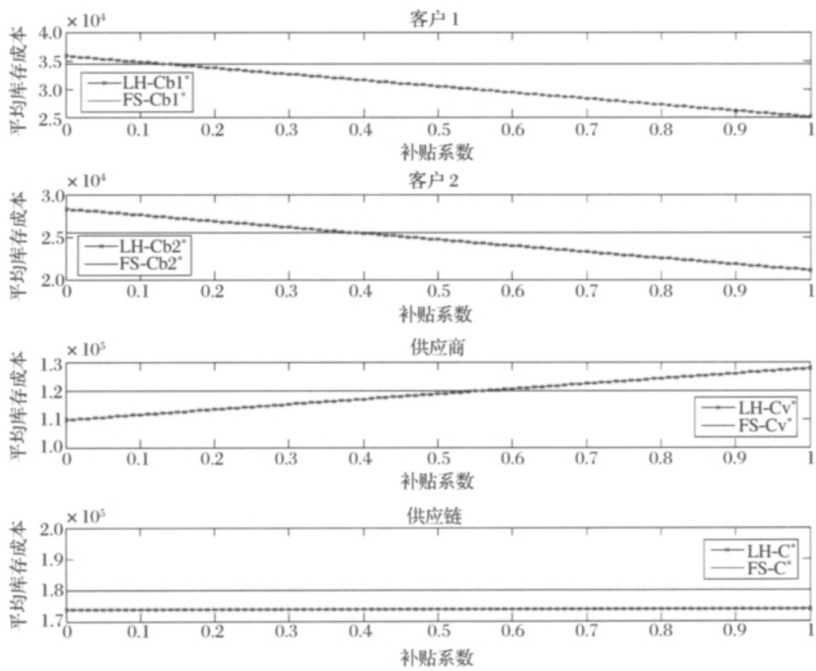

图 2　补贴对供应链的影响

时，供应商会出现了亏本。为了保证各成员均能获利，补贴系数可设在 0.39 与 0.57 之间。供应商也可以根据实际情况合理地设置补贴系数 ρ。由图 2 另知，改变补贴系数并不影响联合决策下的供应链的总平均库存成本。

4.2 D/P 对供应链的影响

如第三节所示，除生产率 P 之外，其它参数值不变，令 $0.1 \leqslant D/P \leqslant 0.8$，补贴系数 $\rho = 0.4$。如图 3 所示，与分散决策相比，在不同比值情况下，客户在联合决策下都可得到更低的库存成本。供应商补贴客户，导致联合决策下的库存成本曲线非常接近分散决策下的曲线，但是联合决策曲线依然在分散决策曲线下方，因此供应商依然得到盈利。由于采用了联合决策方式，供应链的总平均库存成本要比分散决策低。

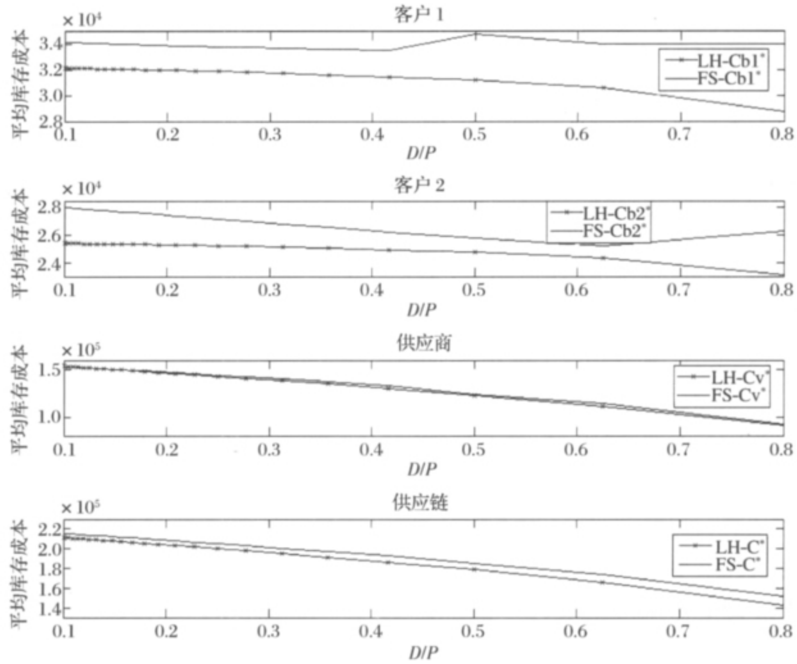

图 3 D/P 对供应链的影响

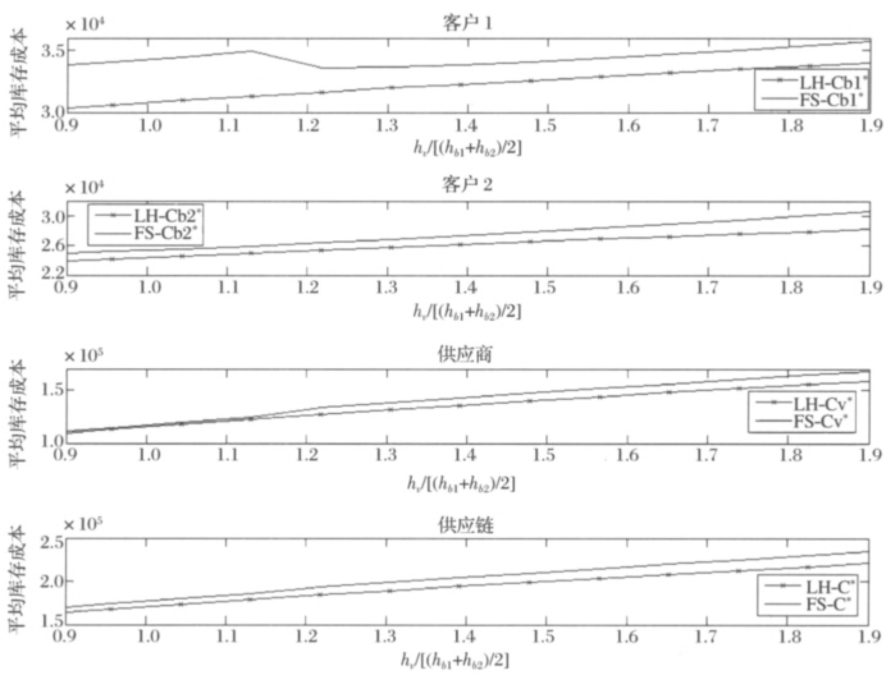

图 4 单位持有成本之比对供应链的影响

4.3　单位持有成本比对供应链的影响

除供应商的单位持有成本之外,其它参数值不变,令 $0.9 \leqslant \frac{h_v}{0.5(h_{b1}+h_{b2})} \leqslant 1.9$,补贴系数 $\rho=0.4$。如图 4 所示,在不同比值下,通过联合决策方式,供应商、客户及整个供应链都能得到更低的平均库存成本,因此本文提出的优化策略可以达到多赢的目的。与供应商相比,客户得到更大的利益。

4.4　生产准备成本、订货成本和运输成本对供应链的影响

除供应商的生产准备成本之外,其它参数值不变,令 $10 \leqslant \frac{A_v}{0.5(A_{b1}+B_{b1}+A_{b2}+B_{b2})} \leqslant 14$,补贴系数 $\rho=0.4$。如图 5 所示,供应商、各客户及供应链的联合决策曲线都在分散决策曲线的下方,说明供应链中各成员平均库存成本都降低了。

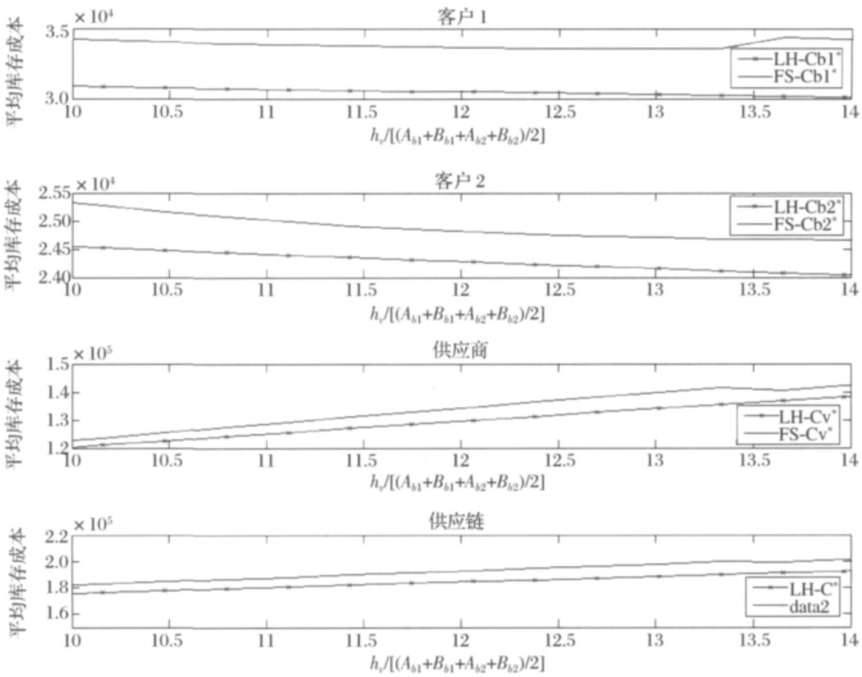

图 5　生产准备成本及订货成本和运输成本对供应链的影响

5　结语

本文研究了由一个供应商和多个客户组成的两级供应链库存管理模型,分析了分散决策和联合决策对模型参数最优解的影响。研究表明,相比于分散决策,联合决策虽然可以保证整个供应链全局最优,但是有时会牺牲某些成员的利益,因此为保证供应链各成员均可获利,本文在联合决策中引入了补贴激励机制,根据客户的订货量和订货次数,给予客户不同程度的补贴。通过设置不同的补贴系数,供应商可以灵活地控制补贴多少及自己的库存成本,同时供应链中其它成员也都能在联合决策下获利。算例分析和敏感性分析表明,在联合决策中引入补贴机制明显优化分散决策,供应链中各成员的平均库存成本都有所降低。

参考文献:

[1] Goyal, S. K.. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor: A comment. Decision Science [J], 1988, 19: 236-241.

[2] Hill, R. M.. The optimal production and shipment policy for the single-vendor single-buyer integrated production-inventory model [J]. International Journal of Production Research, 1999, 37: 2463-2475.

[3] Hoque, M., Goyal, S. K.. A heuristic solution procedure for integrated inventory system under controllable lead-time with equal or unequal sized batch shipments between a vendor and a buyer[J]. International Journal of Production Economics, 2006, 102(2): 217-225.

[4] Zhou, Y. W., Wang, S. D.. Optimal production and shipment models for a single-vendor-single-buyer integrated system[J]. European Journal of Operation Research, 2007, 180(1): 309-328.

[5] 李群霞, 张群等. 缺陷品可完全退货的库存控制模型的研究[J]. 中国管理科学, 2009, 17(6): 116-121.

[6] 李群霞, 张群. 考虑缺货和缺陷品的模糊生产库存模型的优化求解[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 3: 480-488.

[7] Zahir, S., Sarker, R.. Joint economic ordering policies

of multiple wholesalers and a single-manufacturer with price dependent demand functions[J]. Journal of Operational Research Society，1991，42：157－164.

[8] Woo，Y. Y.，Hsu，S. L.，Wu，S.. An integrated inventory model for a single vendor and multiple buyers with ordering cost reduction[J]. International Journal of Production Economics，2001，73(3)：203－215.

[9] Wang，Q.. Determination of Supplier's optimal quantity discount schedules with heterogeneous buyers[J]. Naval Research Logistics，2002，49(1)：46－59.

[10] Wang，P. C.，Wee，H. M.. A single-vendor and multiple-buyers production-inventory policy for a deteriorating item[J]. Production，Manufacturing and Logistics，2002，143：579－581.

[11] Sarmah，S. P.，Acharya，D.，Goyal，S. K.. Coordination of a single-manufacturer/ multi-buyer supply chain with credit option[J]. International Journal of Production Economics，2008，111：676－685.

[12] Siajadi，H.，Ibrahim，R. N.，Lochert，P. B.. Joint economic lot size in distribution system with multiple shipment policy[J]. International Journal of Production Economics，2006，102：302－316.

[13] **张群，李群霞. 考虑缺货的模糊库存模型及其优化求解**[J]. **管理学报**，2006，13(4)：460－463.

[14] **张群，李群霞. 考虑缺陷率和缺货的模糊库存模型的研究**[J]. **系统工程理论与实践**，2008，28(11)：62－68.

Joint Decision for Supply Chain Inventory Model

LI Qun-xia，MA Feng-cai，ZHANG Qun

(Dongling School of Economics and Management，University of Science and Technology Beijing，Beijing 100083，China)

Abstract：The paper investigates two-echelon supply chain consisting of one vendor and multiple customers，and establishes two different optimization methods based on the joint and independent decisions. The best production interval of the vendor and the order times of each customer are well estimated correspondingly. In order to make saving for all members in the supply chain，the subsidy is applied into the joint decision method. Numerical example and sensitivity analysis show that the joint decision using the subsidy is better than the independent decision because all members gain significant savings.

Key words：supply chain inventory；joint decision；independent decision；subsidy