浙江理工大学学报(自然科学版),第 31 卷,第 1 期,2014 年 1 月
Journal of Zhejiang Sci-Tech University (Natural Sciences)
Vol. 31, No. 1, Jan. 2014

文章编号:1673-3851 (2014) 01-0088-06

带提前期的供应链订货与运输最优决策问题

高金龙[a],蒋义伟[a],韩曙光[a],张 婷[b]
(浙江理工大学,a. 理学院;b. 服装学院,杭州 310018)

摘 要: 为研究供应链的订货与运输的最优决策问题,分别讨论供应商与零售商之间合作与非合作两种情形下的最优决策。假定交货提前期与运输工具有关,其满足均匀分布,且在提前期内允许缺货,所造成的缺货损失由零售商承担。目标是最小化供应链的费用,根据具体的费用函数建立供应商、零售商模型,并提出分析方法来决定最优的决策变量值。经过计算得出了非合作与合作两种情形下的最优决策值,并通过算例对最优决策进行验证分析,表明合作情形下的总费用比非合作情形下的总费用少,供需双方更要加强合作。

关键词: 供应链;提前期;订货;运输;最优决策
中图分类号: O022 **文献标志码:** A

0 引 言

如今消费者越来越注重企业的服务水平,企业在确保产品质量的前提下,如何保持消费者对企业的信赖,是当今企业所关注的问题。合理的服务水平能有效平衡消费者对于企业的满意程度以及企业的成本,适当的提前期不仅能有效降低安全库存量,减少缺货风险,而且能提高客户服务水平[1]。此外,产品的供给是否及时,货源是否充足将很大程度上影响企业竞争力,因此企业需要合理优化订货、运输等环节。

Goyal[2]首先引进了两阶段的单一供应商与单一零售商的联合模型。Banerjee[3]提出了 Lot-for-lot 决策,该模型是对文献[2]中提出的模型进行了一般化的处理,即假设生产商批量生产的产品一次性全部运给零售商的特殊情形。Goyal[4]提出 Equal-sized shipments 决策,供应商将产品分批进行运输,每批次的产品都是等量的,并通过建立模型确定了最优运输量。Goyal[5]根据运输量增长率 λ 是按照生产率 P 与需求率 D 的比值提出了新的运输模型,即 Geometric-shipments 决策。Hill[6]在文献[5]的基础上提出了先几何运输后等量运输的模型,即 Geometric-then-equal-shipments 决策。Ben-Daya 等[7]对于 JELP(joint economic lot sizing problem)作了比较详细的概括,并对这类问题作了一些拓展和延伸。

Sajadieh 等[8]提出了需求与库存有关的模型,给定了零售商的库存微分方程,建立相关的模型,确定了最优的订货次数和最优订货量。Sajadieh 等[9]分析了价格与需求有关的运输、订货、定价决策,并通过算例验证了联合模型下的供应链效益优于非联合模型下的效益。Qin 等[10]分析了价格敏感需求下的带有价格折扣的决策问题。李洋等[11]研究市场需求不确定条件下零售商主导的两级供应链博弈均衡问题,并分析了供需双方合作与非合作模式下的决策问题。李根道等[12]研究了关于易逝产品的价格决策问题,其中产品的需求与库存、价格有关。

随着科学技术的突飞猛进,国内高铁等现代交通运输也得到很快的发展,可运输成本仍是制约企业利润增长的一个重要因素,因此如何选择合适的运输方式优化成本显得尤为重要。选择运输时间短的快捷运输工具,缩短了提前期,提高了服务水平,

收稿日期:2013-05-21
基金项目:国家自然科学基金(11071220,11201428,11001242);浙江省自然科学基金(Y6110091)
作者简介:高金龙(1988-),男,江苏南通人,硕士研究生,主要从事运筹与优化的研究。

但成本也随之提高;而选择运输时间长的传统运输工具,运输成本降低了,但可能出现缺货情形,不能及时满足客户服务需求。Sajadieh 等[13]提出了含有提前期约束的供需模型,给出了零售商库存在部分缺货和完全缺货情况下的情形,分别求出了供需双方合作和非合作两种模式下的效益函数。Quyang 等[14]根据模型结果得出较短的提前期能降低安全库量、减少库存费用、提高顾客服务水平、增强商业竞争力。Ben-Daya 等[15]建立模型分析了在提前期约束下,得出了最优的订货模型,确保总的订货成本、库存成本以及提前期内的部分成本最少。因此,如何合理地选择运输工具,降低运输成本有助于实现供需双方的费用最小化。

本文在原有文献的基础上,考虑了提前期的均匀分布函数。在产品的运输费用部分,由之前的固定运费成本,转变成运费是不固定的,且关于订货量是线性的,这更加的具有实际意义。

1　问题描述和模型假设

1.1　问题描述

假定供应链系统由单一供应商和单一零售商构成,销售单一产品。产品总需求一定,且每批次从供应商到零售商的产品都是等量运送。零售商按照(Q,r)策略订货,即采取定量订货,当其库存量达到安全库存点 r 时,零售商将向供应商订货,每次订货量为 Q,且运输工具可以自由选择,对应地每种运输方式的费用函数是关于运输量 Q 的线性函数。供应商根据零售商的总需求进行生产,其生产率为 P,总生产量为 Q 的整数倍。整个供应链系统中包含的费用有供应商产品生产前的准备费用,零售商的订货费用、缺货损失费用、提前期内的准备费用和运输费用,以及供需双方的库存费用。本文目标是选择合适的运输方式决定运输的次数 n、订货点 r 以及订货量 Q,以实现供应链的费用最小化。

文中用到的符号如下:

D　零售商的需求率;

P　供应商的生产率;

Q　零售商的单次订货量;

Q_S^*　非合作情形下零售商的单次最优订货量;

Q_J^*　合作情形下零售商的单次最优订货量;

r　零售商的再订货点;

r_S^*　非合作情形下零售商的最优再订货点;

r_J^*　合作情形下零售商的最优再订货点;

A_v　供应商的产品生产前的准备费;

A_b　零售商的订货费;

h_v　供应商单位时间单位产品的库存费;

h_b　零售商单位时间单位产品的库存费;

π　零售商单位时间单位产品的缺货损失费;

n　零售商从供应商运输产品的总次数;

n_S^*　非合作情形下零售商从供应商运输产品的最优总次数;

n_J^*　合作情形下零售商从供应商运输产品的最优总次数;

T　循环时间(零售商订货时间间隔);

L　提前期(零售商补充产品所需的时间);

$TC_b(r,Q)$　零售商单位时间的总费用;

$tc_b(r,Q,L)$　零售商在一个循环期内关于 L 的库存费和缺货损失费;

$tc_b(r,Q)$　零售商在一个循环期内关于给定的 r,Q 的库存费和缺货损失费;

AI_v　供应商的平均库存量;

$TC_v(n)$　供应商的平均费用;

$TC_S(r,Q,n)$　非合作下供需双方的平均费用;

$TC_J(r,Q,n)$　合作下供需双方的平均费用。

1.2　模型假设

(1) 供应商的产品生产率为 P;

(2) 产品的需求率 D 一定,且 $P>D$;

(3) 零售商当其库存达到安全库存点 r 时,向供应商订货,每批次订量为 Q;

(4) 供应商一次性生产 nQ 的产品,分 n 次运送给零售商;

(5) 允许缺货且缺货损失由零售商承担;

(6) 提前期内产品从供应商运送到零售商的时间满足均匀分布,其概率密度函数记作 $L\sim U[a,b]$,其中 a,b 表示提前期的区间端点;

(7) 提前期内零售商的准备成本为 S,运输费用 $FC_i(Q)=a_i+b_iQ$,$a_i\geqslant 0$,$b_i\geqslant 0$ 是关于 Q 的线性函数,a_i 表示对应的运输方式的固定费用,b_i 表示对应的单位产品运输费用,其中 $i=1,2,\cdots,m$,有 m 种运输工具可供选择;

(8) 零售商最长缺货时间不超过$\dfrac{kQ}{D}$,一般情况下 $k=1,2$,当 $k\geqslant 3$ 时,供需双方终止合作。

2　模型建立与求解

考虑供应链成员间非合作与合作两种情形,首先建立非合作时的供应商与零售商的最小费用模型,分别得到最优决策。然后再对供需双方合作情

形进行分析,得出供应链整体费用模型及最优策略,使得总费用最小。

2.1 供需双方非合作最优模型

2.1.1 零售商决策模型

当供需双方非合作时,零售商处于主导地位,根据市场需求确定订货量向供应商下订单。图 1 给出了零售商在一个循环期内根据不同的交货时间而产生的可能情况。产品的需求率为 D,而在零售商补货的时间 L 内,产品的到货时间与选择的运输工具有关,所以零售商的库存量关于时间的函数就有三种可能:情形 1 说明零售商的库存量在消耗完之前,产品就及时地补充到仓库,这种情形下不存在缺货($L\leqslant r/D$);情形 2 说明产品部分缺货,产生缺货损失,且在时间点 Q/D 之前补充到仓库;情形 3 说明提前期超过 Q/D,下次的产品补充到仓库达不到安全库存点 r。

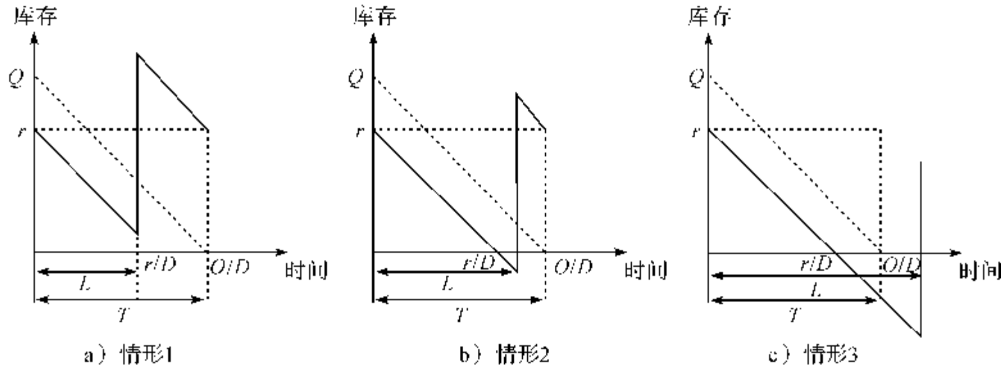

图 1 零售商的库存随时间的变化

零售商在一个循环期内关于提前期 L 的库存费用 $tc_b(r,Q,L)$ 表示如下:

$$tc_b(r,Q,L)=\begin{cases} h_b\left(\dfrac{Q^2}{2D}+\dfrac{rQ}{D}-QL\right), L\leqslant\dfrac{r}{D} \\ h_b\,\dfrac{(r+Q-DL)^2}{2D}+\dfrac{\pi}{2D}(DL-r)^2, \dfrac{r}{D}<L\leqslant\dfrac{Q}{D} \\ h_b\,\dfrac{r^2}{2D}+\dfrac{\pi}{2D}(DL-r)^2, \dfrac{Q}{D}<L\leqslant\dfrac{kQ}{D} \end{cases}$$

零售商在一个循环期内对于给定的 r 和 Q 的库存费用,$tc_b(r,Q)$ 表示如下:

$$tc_b(r,Q)=\int_0^{\frac{r}{D}}\left(h_b\left(\frac{Q^2}{2D}+\frac{rQ}{D}-QL\right)\right)f_L(l)\,\mathrm{d}l+\int_{\frac{r}{D}}^{\frac{Q}{D}}\left(h_b\,\frac{(r+Q-DL)^2}{2D}+\frac{\pi}{2D}(DL-r)^2\right)f_L(l)\,\mathrm{d}l+\int_{\frac{Q}{D}}^{\frac{kQ}{D}}\left(h_b\,\frac{r^2}{2D}+\frac{\pi}{2D}(DL-r)^2\right)f_L(l)\,\mathrm{d}l \quad (1)$$

将 $f_L(l)=\dfrac{1}{b-a}, a\leqslant l\leqslant b$ 代入(1)式,可以得出零售商的单位时间的总费用。

零售商的总费用=订货费+库存费+缺货损失费+提前期内的准备费+运输费,即

$$TC_b(r,Q)=\frac{DA_b}{Q}+\frac{4h_bQ^2+4h_bQr+4(h_b+\pi)r^2}{6Q}+\frac{(k^2+k+2)\pi Q^2-(3k+5)\pi Qr}{6Q}+\frac{D}{Q}S+\frac{D}{Q}(a_i+b_iQ) \quad (2)$$

对于给定的运输量 Q,令

$$\frac{\partial TC_b(r,Q)}{\partial r}=\frac{4h_bQ+8(h_b+\pi)r-(3k+5)\pi Q}{6Q}=0 \quad (3)$$

又因 $\dfrac{\partial^2 TC_b(r,Q)}{\partial r^2}=\dfrac{4(h_b+\pi)}{3Q}>0$,故 $TC_b(r,Q)$ 是关于 r 的严格凸函数。

根据(3)得出零售商的最优安全库存为:

$$r_S^*=\frac{(3k+5)\pi Q-4h_bQ}{8(h_b+\pi)} \quad (4)$$

$$\frac{\partial TC_b(r,Q)}{\partial Q}=\frac{4h_b+(k^2+k+2)\pi}{6}-\frac{6DA_b+4(h_b+\pi)r^2+6DS+6Da_i}{6Q^2} \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 TC_b(r,Q)}{\partial Q^2}=\frac{6DA_b+4(h_b+\pi)r^2+6D(S+a_i)}{3Q^3}>0 \quad (6)$$

由(6)可知 $TC_b(r,Q)$ 是关于 Q 的严格凸函数。令 $\dfrac{\partial TC_b(r,Q)}{\partial Q}=0$,得出

$$Q_S^*=\sqrt{\frac{6DA_b+4(h_b+\pi)r^2+6D(S+a_i)}{(k^2+k+2)\pi+4h_b}} \quad (7)$$

2.1.2 供应商决策模型

零售商确定订货量 Q 后,供应商按照额定的生产率 P 进行生产,并确定运输次数 n。

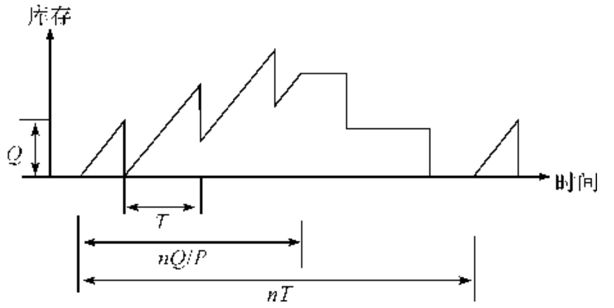

图 2　供应商的库存随时间的变化

由图 2 可以得出其平均库存量为:

$$AI_v=\frac{D}{nQ}\left\{\left[nQ\left(\frac{Q}{P}+(n-1)\frac{Q}{D}\right)-\frac{n^2Q^2}{2P}\right]-\left[\frac{Q^2}{D}(1+2+\cdots+(n-1))\right]\right\}=\frac{Q}{2}\left((n-1)\left(1-\frac{D}{P}\right)+\frac{D}{P}\right)\tag{8}$$

供应商的总费用=供应商的准备费用+库存费用,用 $TC_v(n)$表示,即

$$TC_v(n)=\frac{DA_v}{nQ}+h_v\frac{Q}{2}\left((n-1)\left(1-\frac{D}{P}\right)+\frac{D}{P}\right)\tag{9}$$

很明显$\frac{\partial^2 TC_v(n)}{\partial n^2}=\frac{2DA_v}{n^3Q}>0$,我们可由以下不等式确定整数 n_s^*:

$$n_s^*(n_s^*-1)\leqslant\frac{2DA_v}{h_vQ^2\left(1-\frac{D}{P}\right)}\leqslant n_s^*(n_s^*+1)\tag{10}$$

在非合作模型下,供需双方分别根据最小化各自的费用来制定订货决策,即零售商在占据主导地位时确定其最优的决策变量(Q,r);同样的供应商按照其生产能力来确定最优的运输次数 n,故非合作模型下供需双方的单位时间总费用为 $TC_S(r_S^*,Q_S^*,n_S^*)=TC_b(r_S^*,Q_S^*)+TC_v(n_S^*)$。

2.2　供需双方合作最优模型

2.2.1　供应商与零售商整体决策模型

假设供应商与零售商双方互相合作,遵循供应链整体利益最优的原则。此时,供需双方整体平均费用 $TC_J(r,Q,n)$满足:

$$TC_J(r,Q,n)=\frac{D(nA_b+A_v)}{nQ}+\frac{4h_bQ^2+4h_bQr+4(h_b+\pi)r^2}{6Q}+\frac{(k^2+k+2)\pi Q^2-(3k+5)\pi Qr}{6Q}+\frac{D}{Q}S+\frac{D}{Q}(a_i+b_iQ)+h_v\frac{Q}{2}\left((n-1)\left(1-\frac{D}{P}\right)+\frac{D}{P}\right)\tag{11}$$

可以简单证明对于给定的 n,

$$\frac{\partial^2 TC_b(r,Q,n)}{\partial Q^2}=\frac{6D\left(A_b+\frac{A_v}{n}+S+a_i\right)+4(h_b+\pi)r^2}{3Q^3}>0$$

$$\frac{\partial^2 TC_J(r,Q,n)}{\partial r^2}=\frac{4(h_b+\pi)}{3Q}>0$$

$TC_J(r,Q,n)$关于 r,Q 是严格的凸函数。在供需双方以供应链整体利益最优为前提下,确定最优的订货量 Q_J^* 和安全库存点 r_J^*,即

$$Q_J^*=\sqrt{\frac{6DA_b+\frac{6DA_v}{n}+4(h_b+\pi)r^2+6D(S+a_i)}{(k^2+k+2)\pi+4h_b+3h_v\left((n-1)\left(1-\frac{D}{P}\right)+\frac{D}{P}\right)}}\tag{12}$$

$$r_J^*=\frac{(3k+5)\pi Q-4h_bQ}{8(h_b+\pi)}\tag{13}$$

由于运输次数 n 为正整数,所以必存在 n_J^*,使得

$$TC_J(r_J^*,Q_J^*,n_J^*)\leqslant TC_J(r_J^*,Q_J^*,n_J^*+1)$$
$$TC_J(r_J^*,Q_J^*,n_J^*)\leqslant TC_J(r_J^*,Q_J^*,n_J^*-1)\tag{14}$$

2.2.2　算法步骤

1) 令 $i=1,n=1,TC_J^*$ 为任意一个非常大的数;

2) 根据给定的 n,可由(12),(13)式解出最优值 r,Q 使得 $TC_J(r,Q,n)$最小;

3) 若 Q,n 满足(10)式,则继续步骤 4),否则步骤 6);

4) 若 $TC_J(r,Q,n)<TC_J^*$,则令 $i=1,r_J^*=r$, $Q_J^*=Q,n_J^*=n,TC_J^*=TC_J(r,Q,n)$;

5) $n=n+1$,继续步骤 2);

6) 若 $i=0$,则继续步骤 4);否则,当前为最优值。

3　数值算例

为了对模型进行验证分析,本文基于具体的参数值并利用上文中的模型进行计算得到一些有价值的结果。

假定有关参数的取值为:生产率 $P=5\ 000$ 件,需求 $D=1\ 000$ 件,供应商准备成本 $A_v=2\ 000$ 元,单位库存成本 $h_v=20$ 元;零售商每批次的订货成本 $A_b=125$ 元,单位库存成本 $h_b=25$ 元,最长缺货时间不超过$\frac{Q}{D}$,即 $k=1$,单位缺货损失费用 $\pi=45$ 元。提前期内零售商准备成本为 $S=200$ 元,运输费参数满足 $a_i\in[30,50,70,90,110]$,$b_i\in[4,5,6,7,8]$,其中 i 取值为 $1,2,\cdots,5$。用 PS 表示双方合作下相比较于非合作下所节省的费用的百分,即

$$PS=\frac{(TC_S-TC_J)}{TC_S}\times 100。$$

双方合作情况下零售商与供应商的费用可以分

别用 TC_{bJ}，TC_{vJ} 表示：

$$TC_{bJ}=\frac{TC_b(r,Q)}{TC_S(r,Q,n)}TC_J(r,Q,n)$$

$$TC_{vJ}=\frac{TC_v(n)}{TC_S(r,Q,n)}TC_J(r,Q,n)$$

模型计算结果如表 1，表 2：

表 1 双方非合作最优决策值

a_i	b_i	r	Q	n	TC_{bJ}	TC_{vJ}	TC_J
30	4	45.72	98.48	6	11 210	7 521	18 731
50	5	46.99	101.21	5	12 410	7 393	19 803
70	6	48.23	103.88	5	13 605	7 383	20 988
90	7	49.43	106.47	5	14 795	7 377	22 172
110	8	50.61	109.01	5	15 981	7 376	23 357

表 1 双方非合作情形下，零售商在供应链中占据主导地位，确定订货量 Q，供应商根据确定的 Q 决定零售商运输的次数 n；一般情况下，运输费用越高，运输就越快捷。从表 1 中可以看出，随着 a_i，b_i 的增加，零售商总费用呈递增的关系，供应商总费用却呈现递减的趋势。

表 2 双方合作最优决策值

a_i	b_i	r	Q	n	TC_{bJ}	TC_{vJ}	TC_J	PS
30	4	48.01	103.41	5	11 133	7 470	18 603	0.68
50	5	48.64	104.77	5	12 405	7 390	19 795	0.04
70	6	55.51	119.56	4	13 594	7 377	20 971	0.08
90	7	56.13	120.89	4	14 772	7 365	22 137	0.16
110	8	56.74	122.21	4	15 943	7 359	23 302	0.24

表 2 双方合作情形下，以供应链整体最优为前提下，整个供应链的费用相比较与非合作情形下有所减少，且双方各自的费用也相对减少。在一定程度上，选择快捷的运输工具，可以降低运输次数，对于零售商来说更加方便。此外当运费占整个供应链总费用的比例越来越大时，双方合作下相比较于非合作下所节省的费用的百分比将越来越大。

给定不同的合理的参数进行分析，对于文章的结论没有影响，因为根据求出的最优决策值就能判定合作与非合作两种情形下的相关结果，而给出的算例只是通过相关数据更加形象地来反映这一结论。

4 结 论

当前国内运输费用居高不下，如何合理的选择运输方式，是当前供应链里的重要的问题。本文考虑了供需双方在合作与非合作两种情形下的订货模型，结合运输问题，得出了最优决策值。文中具体考虑了运输费用的情况，并在数值分析中重点考虑了几组数据，通过运输费用的变化来分析最优决策的变化，可以看出运输费用在零售商的整体费用中占据的比例比较高。

双方非合作情形下，零售商占据主导地位，其根据市场需求确定最优订货量，在交货提前期内，由于不同的运输方式，其运输时间不同。假如零售商对于客户水平有很高的要求，其更倾向于快捷的运输方式；相反，如果要求不高，则可以选择相对传统的运输方式。双方合作情形下，主要以供应链整体最优为前提，相比较于非合作情形下，双方合作情形对于双方来说，利大于弊。分析表明：越方便快捷的运输方式，零售商总费用越高，供应商总费用却越来越少，这势必会造成零售商的不满，因此如何权衡双方在整个供应链中的利益，是我们不得不考虑的问题。

此外，可以继续研究的相关问题有：运输费用供需双方共同承担，具体承担比例双方可以进行博弈；带服务水平约束的订货模型，通过服务水平的限制，再结合运输方式的选择，是接下来重点研究的问题。

参考文献：

[1] Yu J L. Minimax distribution free procedure with backorder price discount[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 111(1): 118-128.

[2] Goyal S K. An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem[J]. International Journal of Production Research, 1976, 15(1): 107-111.

[3] Banerjee A. A joint economic-lot-Size model for purchaser and vendor[J]. Decision Science, 1986, 17(3): 292-311.

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

[5] Goyal S K. A one-vendor multi-buyer integrated inventory model: a comment[J]. European Journal of Operational Research, 1995, 82(1): 209-210.

[6] Hill R M. The single-vendor single-Buyer integrated production-inventory model with a generalized policy [J]. European Journal of Operational Research, 1997, 97(3): 493-499.

[7] Ben-Daya M, Darwish M, Ertogral K. The joint economic lot sizing problem: Review and extensions[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 185 (2): 726-742.

[8] Sajadieh M S, Thorstenson A, Jokar M R K. An integrated vendor-buyer model with stock-dependent demand [J]. Transportation Research: Part E, 2010, 46(6):

963-974.

[9] Sajadieh M S, Mohammad R, Jokar M R K. Optimizing shipment, ordering and pricing policies in a two-stage supply chain with price-sensitive demand[J]. Transportation Research: Part E, 2009, 45(4): 564-571.

[10] Qin Y Y, Tang H W, Guo C H. Channel coordination and volume discounts with price-sensitive demand[J]. International Journal of Production Economics, 2007, 105(1): 43-53.

[11] 李　洋，郭伟祥，王立海. 需求不确定条件下零售商主导的两级供应链博弈分析[J]. 森林工程，2010，26(6)：82-84.

[12] 李根道，熊中楷，聂佳佳. 库存和价格影响需求的易逝品动态定价[J]. 系统管理学报，2009，18，(4)：402-409.

[13] Sajadieh M S, Jokar M R A, Modarres M. Developing a coordinated vendor-buyer model in two-stage supply chains with stochastic lead-times[J]. Computers and Operations Research, 2009, 36(8): 2484-2489.

[14] Ou Y, Liang Y, Wu K S. Mixture inventor model involving variable lead-time with a service level constraint [J]. Computers and Operations Research, 1997, 24 (9): 875-882.

[15] Ben-Daya M, Rouf A. Inventory models involving lead-time as decision variable[J]. Journal of the Operational Research Society, 1994, 45(5): 579-582.

Problem of Optimal Decision of Ordering and Shipment in Supply Chain with Lead Time

GAO Jin-long[a], *JIANG Yi-wei*[a], *HAN Shu-guang*[a], *ZHANG Ting*[b]

(a. School of Sciences, b. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To study the problem of optimal decision of ordering and shipment in supply chain, this paper respectively discusses the optimal decision under two situations-cooperation and non-cooperation between supplier and retailer. Assume that delivery lead time is related to the means of transport, it meets uniform distribution and stockout is allowed within the lead time, stockout losses caused are undertaken by retailer. The objective is to minimize expenses of supply chain. This paper establishes supplier and retail model according to specific cost function, puts forward an analysis method to determine the optimal decision variable value, obtains the optimal decision value under cooperation and non-cooperation situations through calculation and conducts verification analysis on optimal decision through examples. It shows that total expenses under cooperation situation are lower than total expenses under non-cooperation situation and supplier and demander should enhance cooperation.

Key words: supply chain; lead time; ordering; shipment; optimal decision

(责任编辑：许惠儿)