

随机需求下供应链库存风险分担模型研究

翁丽贞^{1,2}, 彭丽芳²

(1. 上海工会管理职业学院, 上海, 201415;

2. 厦门大学, 管理学院, 福建厦门, 361005)

摘要: 本文主要研究了随机需求下两阶段供应链的库存风险分担问题, 首先给出随机需求背景下的供应链库存分散决策模型, 并以此为基准通过引入订货协调率和追加订货价格两个参数提出了随机需求风险下的库存风险分担模型, 最后通过算例来说明库存风险分担模型在供应链库存协调中是有效的。

关键词: 供应链管理; 随机需求; 库存风险分担; 订货协调率; 追加订货价格

中图分类号: F273

文献标识码: A

文章编号: 2095-8412 (2015)02-234-05

工业技术创新 URL: <http://www.china-iti.com>

DOI: 10.14103/j.issn.2095-8412.2015.02.020

A Probe into The Teaching Reform of The Course of Supply Chain Management

Lizhen Weng^{1,2}, Lifang Peng²

(1. Shanghai Vocational College of Union Management, Shanghai, 201415, China;

2. School of Management, Xiamen University, Xiamen, 361005, China)

Abstract: This article studied the inventory coordination of two-stage supply chain under stochastic demands. First, the decentralized decision model under random demands is proposed, then discusses the profit models of sharing inventory risk under adjustable quantity-rate and additional order price strategies in which the supplier partakes part of inventory risk. Finally, a numerical example illustrates that the inventory risk partaking strategy is valid in inventory coordination in supply chain.

Key words: SCM; Stochastic demand; Inventory risk sharing; Adjustable quantity-rate; Additional order price

引言

由于市场需求环境的不断变化, 供应链中需求和供应的不确定性使得供应链的每一级企业往往通过保持一定的库存来缓冲外部的影响, 以实现较高的客户服务水平。在供应链上, 从供应商、制造商、分销商到零售商, 每个环节都通过库存来稳定企业生产运作的稳定性, 供应链的不确定性越大,

企业需要设置的安全库存水平越高^[1]。现实生活中需求量往往是不确定的, 在需求随机情况下, 可能会出现订货量大于实际需求量, 造成库存积压成本; 订货量也可能小于实际需求量, 造成缺货导致的机会成本。因此, 在随机需求情况下进行库存决策时, 企业须兼顾库存积压和缺货风险, 做出最优订货量的决策。

在进行随机需求下的库存决策时, 主要解决库

存积压与缺货风险的权衡问题，这就需要来研究随机需求供应链中供需双方库存风险分担机制。本文主要进行随机需求下两阶段供应链的库存风险分担问题研究，首先给出随机需求背景下的供应链库存分散决策模型，并以此为基准通过引入订货协调率和追加订货价格两个参数提出了随机需求风险下的库存风险分担模型和最优，最后通过算例来说明库存风险分担机制的有效性和可行性。

1 模型变量及符号描述

为了便于研究，本文只分析随机需求下单周期产品的库存决策。研究的供应链库存分担模型满足以下假设条件：

本文仅考虑某单一产品，该产品单位时间的需求量呈随机分布，需求密度函数为 $f(x)$ ，分布函数为 $F(x)$ ， $x \geq 0$ ， $f(x) \geq 0$ ， $F(x)$ 连续、可导、递增；

需求方采用EOQ订货策略，需求连续、稳定，系统允许缺货，考虑订货成本、缺货成本和数量价格折扣；

供应方按需方订单供应，其供应能力远大于需方的需求；

供应方的单位产品供应成本不变；

供应链供需双方分散决策，供需双方的利润函数为共同知识^[2]。

系统变量说明：

需求方变量： D_x ——预期销售量，其中 $x=0, 1, \dots$ ； Vd_x ——预期利润，其中 $x=0, 1, \dots$ ； C_d ——进货单价； P_d ——销售单价； O_d ——订货费； H_d ——积压单价； A_x ——预期积压量，其中 $x=0, 1, \dots$ ； S_d ——缺货成本系数；

供应方变量： C_s ——进货单价； P_s ——销售单价； Y ——运输成本/件； H_s ——积压成本； B_x ——预期积压量，其中 $x=0, 1, \dots$ ； Vs_x ——预望利润，其中 $x=0, 1, \dots$ ；

其中满足：

$C_d = P_s + Y$ ； $C_d = P_s$ ； $P_d > C_d$ ； $P_d > H_s$ ； $P_s > C_s$ ； $P_s > H_s$

2 分散决策模型

传统库存决策是基于单个企业绩效的局部优化，即分散决策，供应链各节点企业相互之间缺乏相互协调合作，都只从各自利益最大化出发，进行独立决策。供应方要求需求方必须在实际需求到来之前提前按照其预计的需求量订货，预测的需求往往与实际需求有偏差，这就造成需求不确定的风险，由此带来的损失全部由需求方自来承担。供应方根据需求方的订货安排生产供应，需求方不能改变订货量，必须购进预订数量的产品，否则需要承担违约赔偿，因此供应方不承担库存风险。

照上述情况假设需求方的订货量为 Q_0 ，则其预期销售量 D_0 为：

$$D_0 = \int_0^{Q_0} xf(x)dx + \int_{Q_0}^{+\infty} Q_0 f(x)dx \quad (1)$$

则需求方的预期库存积压量 A_0 为 $Q_0 - D_0$ ，利润期望 Vd_0 为：

$$\begin{aligned} Vd_0 &= P_d D_0 + (Q_0 - D_0)H_d - C_d Q_0 - O_d - S_d Q_0 \\ &= (P_d - H_d) \int_0^{Q_0} xf(x)dx - (P_d - H_d) \int_0^{Q_0} Q_0 f(x)dx + Q_0(P_d - C_d - S_d) - O_d \end{aligned} \quad (2)$$

可得 $\frac{d^2 Vd_0}{dQ_0^2} = -(P_d - H_d)f(Q_0) \leq 0$ ，所以 Vd_0 有极大值。

当 $\frac{dVd_0}{dQ_0} = 0$ 时，需方期望利润最大的订货量 Q_0^* ：

$$Q_0^* = F^{-1}\left(\frac{P_d - C_d - S_d}{P_d - H_d}\right) \quad (3)$$

将 Q_0^* 代入公式(2)可得需方利润期望 Vd_0 ，这时供应方的预期利润 Vs_0 和供应链总收益：

$$Vs_0 = Q_0^*(P_s - C_s - Y) \quad (4)$$

$$Z_0 = Vs_0 + Vd_0 \quad (5)$$

由此可以看出，在分散决策的情况下，需求方总是被要求在实际需求发生前依据需求预测向供应方进行订货。即使后续实际需求发生后，与先前的需求预测订货量有明显偏差，也不可以调整先前预测所订的订货量。这样，当实际需求小于订货量 Q_0^* 时，需求方库存积压，造成积压成本；而当实际需求大于订货量 Q_0^* 时，需求方库存缺货，造成机会损失。但是不管发生上述哪种情况，需求方需要承担需求不确定带来的各种库存风险，而供应方不承担

任何风险，其利润都是确定值 $Q_0^*(P_s - C_s - Y)$ 。

3 库存风险分担模型

在分散决策模型中，从(3)、(4)、(5)式不难看出，需求方的库存订货策略 Q_0^* 不仅决定了自身的赢利水平，而且还影响着供应方乃至整条供应链的赢利水平。而 Q_0^* 是由单个需求企业基于自身利益做出的决策订货量，只追求局部优化，没有考虑供应方和整条供应链的整体利益最优化，这就促使供应链节点上利益相关各方有对供应链的决策策略进行改进的需求^[3]。

供应链系统普遍存在需求不确定，有效的库存协调策略就是库存风险分担，通过库存风险分担机制使供应方承担了部分库存风险，激励需求方提高订货量，以使双方利益优化。即供应方承诺需求方在实际需求发生前订货后，允许需求方在协定的订货变动率下改变订货数量或者商品价格折扣等，以转移需求方的部分库存风险，这样激发需方调整订货模型，增加订货量，从而有可能增加双方的利润乃至供应链整体的收益^{[2][4][5]}。

模型假设供应方愿意分担需求方部分库存风险，允许需求方在协定的订货变动率下改变订货数，即允许需方在发出订货需求后还可以在允许范围内调整向供应方的订货量，我们引进协调率 $r(0 \leq r \leq 1)$ ，当需方订货量为 Q_1 时，供方生产产品的数量为 $Q_1(1+r)$ ，之后需方可按实际需求修改订货量，即需方最多可以购买产品数量为 $Q_1(1+r)$ ，最少必须购买的产品数量 $Q_1(1-r)$ ，当实际订货量超预测订货量时，以价格 $v(C_s \leq v < C_d)$ 进行追加订货^[4,5]，需方的预期订货量 Q_{e1} 、预期售出量 D_{e1} 分别为：

$$Q_{e1} = \int_0^{Q_1(1-r)} Q_1(1-r)f(x)dx + \int_{Q_1(1-r)}^{Q_1(1+r)} xf(x)dx + \int_{Q_1(1+r)}^{+\infty} Q_1(1+r)f(x)dx \quad (6)$$

$$D_{e1} = \int_0^{Q_1(1+r)} xf(x)dx + \int_{Q_1(1+r)}^{+\infty} Q_1(1+r)f(x)dx \quad (7)$$

1、当 $Q_{e1} - Q_1 > 0$ 时，即需求方追加订货量情况下，需求方的预期库存积压量 A_1 为 $Q_{e1} - D_{e1}$ ，供应方的预期库存积压量 B_1 为 $Q_1(1+r) - Q_{e1}$ ，则库存风险分担决策下需求方的利润期望 Vd_1 修正为：

$$Vd_1 = P_d D_{e1} + (Q_{e1} - D_{e1})H_d - C_d Q_1 - O_d - S_d Q_{e1} - v(Q_{e1} - Q_1) \quad (8)$$

可得 $\frac{d^2 Vd_1}{dQ_1^2} \leq 0$ ，所以 Vd_1 有极大值。

当 $\frac{dVd_1}{dQ_1} = 0$ 时，需求方期望利润最大的订货量 Q_1^* ，将 Q_1^* 代入公式(8)可得需求方的利润期望 Vd_1 ，这时供应方的预期利润 Vs_1 和供应链总收益 Z_1 为：

$$Vs_1 = Q_1 P_s + v(Q_{e1} - Q_1) + (Q_1(1+r) - Q_{e1})H_s - Q_1(1+r)C_s - Q_{e1}Y \quad (9)$$

$$Z_1 = Vs_1 + Vd_1 \quad (10)$$

2、当 $Q_{e1} - Q_1 \leq 0$ 时，即需求方无追加订货量情况下，需求方的预期库存积压量 A_1 为 $Q_{e1} - D_{e1}$ ，供应方的预期库存积压量 B_1 为 $Q_1(1+r) - Q_{e1}$ ，则库存风险分担决策下需方的利润期望 Vd_1 修正为：

$$Vd_1 = P_d D_{e1} + (Q_{e1} - D_{e1})H_d - C_d Q_{e1} - O_d - S_d Q_{e1} \quad (11)$$

可得 $\frac{d^2 Vd_1}{dQ_1^2} \leq 0$ ，所以 Vd_1 有极大值。

当 $\frac{dVd_1}{dQ_1} = 0$ 时，需求方期望利润最大的订货量 Q_1^* ，将 Q_1^* 代入公式(11)可得需求方的利润期望 Vd_1 ，这时供应方的预期利润 Vs_1 和供应链总收益 Z_1 为：

$$Vs_1 = Q_{e1} P_s + (Q_1(1+r) - Q_{e1})H_s - Q_1(1+r)C_s - Q_{e1}Y \quad (12)$$

$$Z_1 = Vs_1 + Vd_1 \quad (13)$$

当协调率为 r 时，需求方根据需求预测的经济订货量为 Q_1^* ，其实际订货量可允许在 $Q_1^*(1-r)$ 至 $Q_1^*(1+r)$ 之间浮动。供需双方的库存订货决策模型为共同知识，这样供应方清楚需求方的订货决策行为，清楚 Q_1^* 与 r 和 v 之间的函数关系，其可制定一个使自己的利润达到最大值的 r^* 和 v^* 。这样供应链库存风险分担问题就转化为求解供应方利润最大化的问题。

但由于供需双方都进行理性决策，追求Pareto优化，因此只有满足供需双方的 $Vd_1 \geq Vd_0$ 和 $Vs_1 \geq Vs_0$ 前提下的库存风险分担策略才会被双方接受^[6]。因此随机需求下供应链库存风险分担模型转化为：

$$\begin{aligned} & \text{Max.} \sum_{i=1}^n VS_{i1} \\ \text{s.t.} \quad & Vd_{i1} \geq Vd_{i0} \\ & VS_{i1} \geq VS_{i0} \\ & i = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned}$$

4 算例

某供应链企业库存参数如下： $P_d=200$ 元/件， $C_d=$
 $P_s=100$ 元/件， $C_s=10$ 元/件， $O_d=60$ 元，零售商预测
市场需求量假定服从均匀分布，最高需求量 b 取值为
5000件，最低需求量 a 取值为1000件，为简化模型假
设 $v=80$ 元/件， $H_d=H_s=Y=S_d=0$ 。

根据公式 (3)、(8) 和 (11) 得

$$Q_0^* = \frac{b \times (P_d - S_d - C_d) + a \times (S_d + C_d - H_d)}{P_d - H_d};$$

(追加订货)：

$$Q_1^* = \frac{b \times ((P_d - S_d - v) \times (1+r) + v - C_d) + a \times (S_d + v - H_d) \times (1-r)}{(P_d - S_d - v) \times (1+r)^2 + (S_d + v - H_d) \times (1-r)^2};$$

(不追加订货)：

$$Q_1^* = \frac{b \times (P_d - C_d - S_d) \times (1+r) + a \times (C_d + S_d - H_d) \times (1-r)}{(P_d - C_d - S_d) \times (1+r)^2 + (C_d + S_d - H_d) \times (1-r)^2}.$$

由上述三个公式仿真分析算出，在库存分散
决策情况下，需求方订货量取3000件达到最优，其
预期利润为200000元，而这时供应方预期利润为
270000元，整条供应链总收益470000元。当采用库
存风险分担机制，即供应方制定不同的订货数量协
调率 r 和追加订货价格 v 时，需求方的订货量将随之
改变，从而导致供需双方利润发生变化，仿真分析
得出：当 $v=80$ 元/件， $r=0.14$ ，需方订货量为3217件
为最优，预期利润是238790元，供应方预期利润是
280136元，供应链总收益518926元。

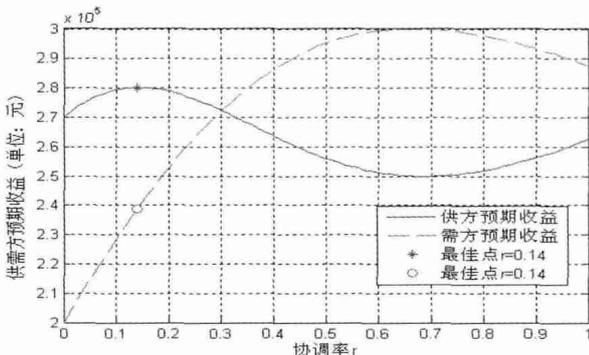


图1 当 $v=80$ 元/件时需求方预期利润、供方预期利润与协调率 r 的关系曲线

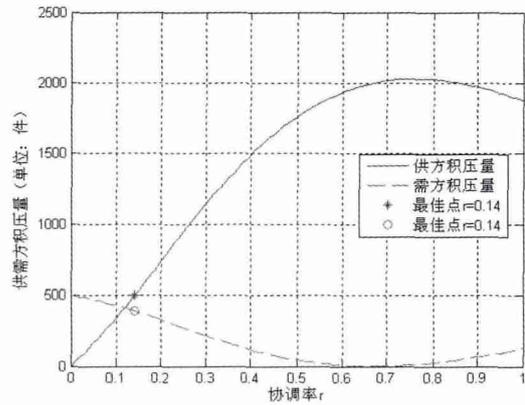


图2 $v=80$ 元/件时需求方预期积压量、供方预期积压量与协调率 r 的关系曲线

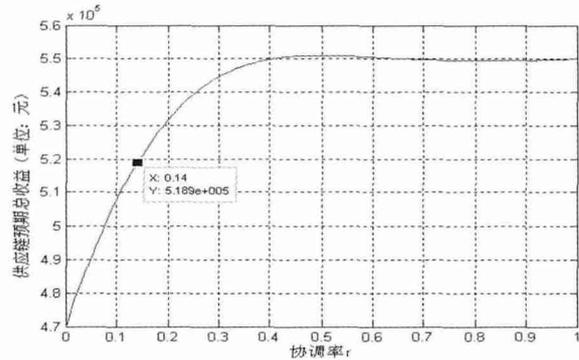


图3 当 $v=80$ 元/件时供应链预期收益与协调率 r 的关系曲线

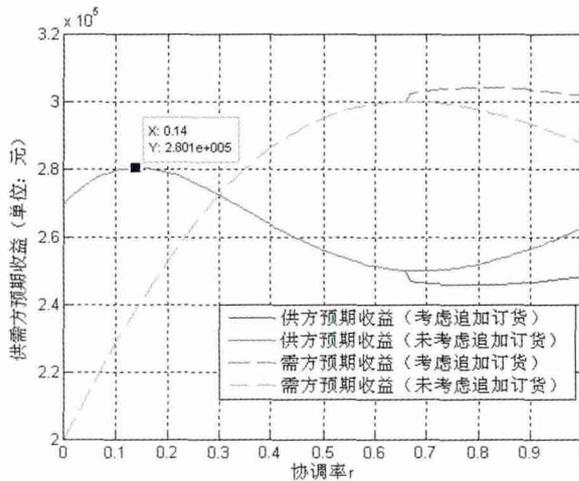


图4 当 $v=80$ 元/件时，存在追加订货发生时需求方预期利润、供方预期利润与协调率 r 的关系曲线

通过算例分析可以看出，当 $v=80$ 元/件时，协调
率 $r=0.14$ ，供方的预期利润为最大，此时需方的预期
利润和供应链的总收益都增加，均大于分散决策时
的收益，符合Pareto优化；从图4还可以看出当 $v=80$
元/件时，当 $r \geq 0.67$ 时，供方让出部分利润给需方会激
励需方追加订货，供方预期利润下降，需方预期利
润有所上升，实现了库存风险分担，因此库存风险

分担模型是协调供应链契约双方利益的有效策略。

5 结论

本文在随机需求条件下考虑订货数量协调参数基础上,进一步分析追加订货价格折扣问题,并通过算例仿真分析表明,所建立的库存风险分担模型使供方的预期利润为最大的同时,需方的预期利润和供应链的总收益都增加,均大于分散决策时的收益,实现了Pareto最优,同时算例也分析出根据在供方的价格折扣基础上实际需求追加订货不仅提高了需方的购买量,而且增加供方和整条供应链的利润,可以达到提高双方效益,因此,随机需求下引入订货数量协调率 r 和追加订货价格 v 参数的库存风险分担模型以及求解算法是可行的,在一定程度上能够有效激励供需双方追加订货增加收益,从而提高整条供应链效益。

基金项目 :

本文系2013年度“中央高校基本科研业务费专项资金资助”(项目编号:2013221028)研究成果。

参考文献

- [1] Holmstrom Jian. Implementing vendor-managed-inventory the efficient way[J]. Production and Inventory Management Journal,2012,39(3):1-5.
- [2] 苏菊宁,刘书庆,赵小惠.随机需求下供应链库存协调策略研究[J].系统工程,2004,22(7):26-30.
- [3] 周海波,徐克林.供应链模式下多供应商库存风险分担策略研究[J].机电一体化,2008,6:89-92.
- [4] 孙衍林,徐学军.单周期随机需求下供应链库存协调机制设计[J].工业工程,2007,10(3):54-55.
- [5] DONG Y,XU K. A supply chain model of vendor managed inventory[J].Transportation Research Part E,2012.
- [6] 全春光,刘志学等.随机需求下单供应商两分销商VMI协调策略[J].系统工程理论与实践,2013,7:1801-1812.

作者简介 :



翁丽贞,女,硕士,上海工会管理职业学院讲师,厦门大学管理学院访问学者。研究方向:供应链管理及物流管理信息化。
E-mail: wlzlj@126.com

彭丽芳,女,通信作者,博士,厦门大学管理学院教授,博士生导师。研究方向:电子商务、电子政务、现代服务。