

文章编号:1002-980X(2007)04-0001-05

# 核心企业集约的多产品、多级供应链 库存控制策略研究

白少布<sup>1,2</sup>, 薛恒新<sup>1</sup>, 林琳<sup>1</sup>

(1. 南京理工大学经济管理学院, 南京 200094; 2. 南京工程学院教务处, 南京 211100)

**摘要:**在供应链环境及结构稳定情况下,供应链上的各节点企业,根据需求来调整相应的运作策略。基于多层供应商及供货产品为多品种且集约到一个核心企业的供应链网络,根据该供应链网络供需结构和特点分析了各节点的需求特征,得出了订货提前期为随机条件下的最佳库存费用,并利用各节点服务水平约束下的临界值及库存费用凸函数特性确定了供应链的运作策略。

**关键词:**多级供应链;需求分析;临界服务水平;库存控制

**中图分类号:** F274 **文献标志码:** A

## 1 引言

市场环境中,企业之间的供需关系决定了供应链存在的必然性,而库存以原材料、在制品、半成品、成品的形式存在于供应链的各个环节中,维持其库存费用占库存物品价值的20%~40%<sup>[1]</sup>。在供应链管理模式下,企业的竞争不再是单个企业之间的竞争,而是各企业所在供应链之间的竞争。因库存成本控制模式不仅是企业内部的成本控制问题,而且是从产品形成的源头开始,到最终用户为止的问题<sup>[2]</sup>。

本文内容基于多层供应商及供货产品为多品种且集约到一个核心企业的供应链网络,根据该供应链网络供需结构和特点分析了各节点的需求特征,得出了订货提前期为随机条件下的最佳库存费用,并利用各节点服务临界水平及库存费用凸函数特性确定了供应链的运作策略。

## 2 模型假设

### 2.1 前提假设

假设研究的对象是一个核心企业和多级多品种组成的网状结构供应链,如图1。

有如下的供应链前提假设:

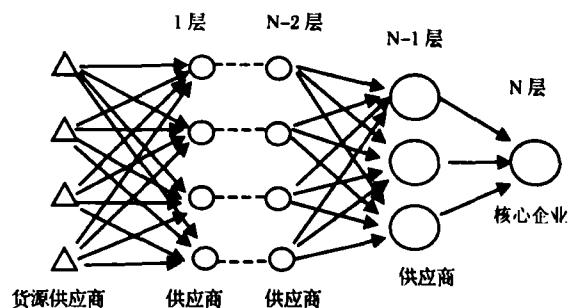


图1 核心企业集约的多级供应链网络

1) 核心企业(制造企业)生产一种核心产品,企业生产速率是确定的;

2) 供应链各节点供货不能跃级,同层之间不发生供需关系;

3) 货源供应商有充足的供货能力;

4) 订货过程中采购价格均衡不变,价格与批量无关;

5) 核心企业生产核心产品需要多品种原材料或半成品;

6) 节点前置时间或订货提前期设定为前一节点到后一层节点的货物运输时间<sup>[3]</sup>。

7) 供应链各节点供货产品(或原材料)品种多种且可以相容。

### 2.2 符号说明

收稿日期:2006-12-25

基金项目:国家863/CIMS主题资助项目(2002AA414040)

作者简介:白少布(1964-),男,内蒙通辽人,南京理工大学经济管理学院博士研究生、南京工程学院副教授,研究方向:运筹学、物流、SCM管理。

以下的符号,  $J = N \cdots 1$ , 表示供应链节所处层次或级;  $i = 1 \cdots I$ ,  $J$  表示第  $j$  层的第  $i$  个节点,  $h = 1 \cdots H(j, i)$  表示第  $j$  层第  $i$  个节点的第  $h$  类原材料或半成品, 以下称之为材料。

1)  $d_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料的单位时间需求量;

$Q_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料向  $j-1$  层订货的订货批量;

$L_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料订货提前期或前置时间;

$P_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料单位缺货成本;

$h_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料单位维持成本;

$C_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料单位订货成本;

$b_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料单位购货成本;

2)  $D_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料总需求量;

$R_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料订货水平;

$PS_i^{(j,h)}$ : 第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料一个订货周期的缺货量;

### 3 供应链库存模型的建立

系统采用连续检查订货(Q,r)策略。

#### 3.1 供应链需求分析

当层次为  $j = N$  时, 表明核心企业所在层。此时, 设  $I \cdot N = 1$ ,  $d_1^{(N,h)}$  表示核心企业对第  $h$  类材料的单位需求, 因为核心企业生产速率是确定的, 因此  $d_1^{(N,h)}$  也是确定的。对  $h$  类材料的总需求为  $D_1^{(N,h)}$ , 则  $D_1^{(N,h)} = d_1^{(N,h)} \cdot T$  ( $T$  为计划时间) 当核心企业  $h$  类材料的库存降至  $R_1^{(N,h)}$ , 发出批量为  $Q_1^{(N,h)}$  的订单按比例发给  $N-1$  层的供需相关节点, 订货比例系数不妨设为  $r_1^{(N-1,h)}(1), r_2^{(N-1,h)}(1), \dots, r_{I \cdot (N-1)}^{(N-1,h)}(1)$ , 且  $\sum_{k=1}^{I \cdot (N-1)} r_k^{(N-1,h)}(1) = 1$ ,  $I \cdot (N-1)$  表示  $N-1$  层所有节点数目。若  $r_k^{(N-1,h)}(1) = 0, k \in [1, I \cdot (N-1)]$ ,

则  $N-1$  层第  $k$  个节点与核心企业之间对  $h$  类材料无供需关系, 否则存在每次批量为  $r_k^{(N-1,h)}(1) \cdot Q_1^{(N,h)}$  的供需关系, 因此来自于核心企业的对  $N-1$  层第  $k$  个节点对  $h$  类材料的总需求为  $D_k^{(N-1,h)} = r_k^{(N-1,h)} \cdot D_1^{(N,h)}$ 。当  $N-1$  层第  $k$  个节点的  $h$  类材料

库存降至  $R_k^{(N-1,h)}$  时, 并发出批量为  $Q_k^{(N-1,h)}$  的订单向  $N-2$  层订货, 订货比例不妨为  $r_1^{(N-2,h)}(k), r_2^{(N-2,h)}(k), \dots, r_{I \cdot (N-2)}^{(N-2,h)}(k)$ , 同样  $r_i^{(N-2,h)}(k) = 0, N-2$  层  $i$  节点与  $N-1$  层  $k$  节点之间无供需关系, 否则有批量为  $r_i^{(N-2,h)}(k) \cdot Q_k^{(N-1,h)}, i \in [1, I \cdot (N-2)]$  的供需关系。因此  $N-2$  层第  $i$  个节点的第  $h$  类

材料的一个订货周期的需求为  $\sum_{k=1}^{I \cdot (N-1)} r_i^{(N-2,h)}(k) \cdot Q_k^{(N-1,h)}$ , 从而计划时间中的总需求为  $D_i^{(N-2,h)} = \sum_{k=1}^{I \cdot (N-1)} r_i^{(N-2,h)}(k) \cdot D_k^{(N-1,h)}$ , 相应的单位需求为  $d_i^{(N-2,h)} = D_i^{(N-2,h)} / T$ 。同样第  $j$  层第  $i$  个节点的第  $h$  类材料的一个订货期中的需求为  $\sum_{k=1}^{I \cdot (j+1)} r_i^{(j,h)}(k) \cdot Q_k^{(j+1,h)}, 1 \leq j \leq N-1$ , 总需求为  $D_i^{(j,h)} = \sum_{k=1}^{I \cdot (j+1)} r_i^{(j,h)}(k) \cdot Q_k^{(j+1,h)}$ , 相应的单位需求为  $d_i^{(j,h)} = D_i^{(j,h)} / T$ 。

#### 3.2 库存费用分析

$J$  层第  $i$  节点  $h$  类材料库存降至  $R_i^{(j,h)}$ , 向  $j-1$  层订货,  $j-1$  层第  $k$  个节点收到订单批量为  $r_k^{(j-1,h)}(i) \cdot Q_i^{(j,h)}$ ,  $j-1$  层所有节点送达  $h$  类材料的时间分别为  $LL_1^{(j-1,h)}, LL_2^{(j-1,h)}, \dots, LL_{I \cdot (j-1)}^{(j-1,h)}$ , 且假定  $LL_i^{(j-1,h)} i \in [1, I \cdot (j-1)]$  为随机量, 如果  $j-1$  层第  $k$  个节点与  $j$  层第  $i$  个节点之间存在  $h$  类材料的供需关系, 则  $LL_k^{(j-1,h)} \neq 0$ , 否则  $LL_k^{(j-1,h)} = 0$ 。

令  $-L_i^{(j,h)} = \max\{-LL_1^{(j-1,h)}, -LL_2^{(j-1,h)}, \dots, -LL_{I \cdot (N-1)}^{(j-1,h)}\}$ , 则  $L_i^{(j,h)}$  为随机变量且已知其分布<sup>[4]</sup>。令  $F_i^{(j,h)}(x)$  为  $L_i^{(j,h)}$  的分布函数,  $\bar{L}_i^{(j,h)}$  为  $L_i^{(j,h)}$  均值, 则  $j$  层第  $i$  个节点对  $h$  类物品的订货点为<sup>[5]</sup>

$$R_i^{(j,h)} = d_i^{(j,h)} \cdot \bar{L}_i^{(j,h)} + SS_i^{(j,h)}$$

其中为  $SS_i^{(j,h)}$  第  $i$  节点对  $h$  类材料的安全库存<sup>[6]</sup> 为

$$SS_i^{(j,h)} = Z \cdot \sigma_i^{(j,h)} \cdot d_i^{(j,h)}, \sigma_i^{(j,h)} \text{ 为 } L_i^{(j,h)} \text{ 的标准差, } Z \text{ 为安全因子。则 } j \text{ 层第 } i \text{ 个节点的 } h \text{ 类材料的平均库存水平为}$$

$$\bar{I}_i^{(j,h)} = \frac{1}{2} Q_i^{(j,h)} + SS_i^{(j,h)}$$

$$\text{一个订货周期中的期望缺货量为}$$

$$PS_i^{(j,h)} = \int_{R_i^{(j,h)}}^{\infty} (x - R_i^{(j,h)}) \cdot dF^{(j,h)}(x) \text{ 其中,}$$

$F^{(j,h)}(x)$  为  $d_i^{(j,h)} \cdot L_i^{(j,h)}$  的分布函数。

第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料的平均库存维持费用为:

$$Z_i^{(j,h)} = h_i^{(j,h)} \cdot \bar{I}_i^{(j,h)}$$

第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料的订货及购货费用为:

$$Q_i^{(j,h)} = C_i^{(j,h)} \cdot \frac{D_i^{(j,h)}}{Q_i^{(j,h)}} + b_i^{(j,h)} \cdot D_i^{(j,h)}$$

第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料的缺货费用为:

$$W_i^{(j,h)} = P_i^{(j,h)} \cdot PS_i^{(j,h)} \cdot \frac{D_i^{(j,h)}}{Q_i^{(j,h)}}$$

从而第  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料的库存费用为

$$TA_i^{(j,i)} = Z_i^{(j,h)} + Q_i^{(j,h)} + W_i^{(j,h)} \quad (1)$$

其中,对固定的  $j$  和  $i$  有  $h \in [1, H(j,i)]$ 。

因此,第  $j$  层的第  $i$  个节点  $H^{(j,i)}$  种材料的库存费用为

$$TA^{(j,i)} = \sum_{h=1}^{H^{(j,i)}} [Z_i^{(j,h)} + Q_i^{(j,h)} + W_i^{(j,h)}] \quad (2)$$

$J$  层包含所有材料的费用总和为

$$TA^j = \sum_{i=1}^{I \cdot J} TA^{(j,i)} = \sum_{i=1}^{I \cdot J} \sum_{h=1}^{H^{(j,i)}} [Z_i^{(j,h)} + Q_i^{(j,h)} + W_i^{(j,h)}] \quad (3)$$

则供应链所需材料库存总费用

$$TA = \sum_{j=N-1}^1 TA^j = \sum_{j=N-1}^1 \sum_{i=1}^{I \cdot J} \sum_{h=1}^{H^{(j,i)}} [Z_i^{(j,h)} + Q_i^{(j,h)} + W_i^{(j,h)}] + \sum_{i=1}^{I \cdot J} \sum_{h=1}^{H^{(0,i)}} b_i^{(0,h)} \cdot D_i^{(0,h)} \quad (4)$$

式(4)中的最后一项为货源供应商的货源组织费用<sup>[7]</sup>。

## 4 库存控制策略

### 4.1 库存费用优化模型

因为  $L_i^{(j,h)} + LR_i^{(j,h)} = T_i^{(j,h)}$  也就是说第  $j$  层第  $i$  个节点对  $h$  类物品的订货周期  $T_i^{(j,h)}$  为  $T_i^{(j,h)} = L_i^{(j,h)} + LR_i^{(j,h)}$ 。

其中,  $LR_i^{(j,h)}$  为  $j$  层第  $i$  个节点对第  $h$  类物品的批量为  $Q_i^{(j,h)}$  货物到达库存并降至  $R_i^{(j,h)}$  的时间。

$$\because LR_i^{(j,h)} \cdot d_i^{(j,h)} + R_i^{(j,h)} = Q_i^{(j,h)}$$

$$\therefore LR_i^{(j,h)} = \frac{Q_i^{(j,h)} - R_i^{(j,h)}}{d_i^{(j,h)}}$$

因此,  $T_i^{(j,h)}$  随  $L_i^{(j,h)}$  的变化而变化,也就是  $T_i^{(j,h)}$  与  $L_i^{(j,h)}$  相位为  $LR_i^{(j,h)}$  的概率同分布随机变量。

假定  $j$  层第  $i$  个节点对  $h$  类材料的服务水平<sup>[8]</sup> 为  $a_i^{(j,h)}$ ,那么,一个订货周期  $T_i^{(j,h)}$  中的期望缺货量  $PS_i^{(j,h)}$  不能超过一个订货周期中的目标缺货量,也就是

$$PS_i^{(j,h)} \leq (1 - a_i^{(j,h)}) \cdot Q_i^{(j,h)} \quad (5)$$

所以优化模型为:

$$\min TA = \sum_{j=N-1}^1 \sum_{i=1}^{I \cdot J} \sum_{h=1}^{H^{(j,i)}} [Z_i^{(j,h)} + Q_i^{(j,h)} + W_i^{(j,h)}] + \sum_{i=1}^{I \cdot J} \sum_{h=1}^{H^{(0,i)}} b_i^{(0,h)} \cdot D_i^{(0,h)} \quad (6)$$

$$\text{s. t. } PS_i^{(j,h)} \leq (1 - a_i^{(j,h)}) \cdot Q_i^{(j,h)}$$

其中,  $j \in [1, N], i \in [1, I \cdot J], h \in [1, H^{(j,i)}]$

### 4.2 算法实现

根据成本最小化原理,供应链各节点企业在非中心化策略下确定的经济订货批量模型使企业库存成本最小化<sup>[9]</sup>,要考虑整体供应链成本,供应链在中心化策略下各节点企业充分协作和信息共享,使达到供应链整体的运作成本优化的目的,而大幅度提高供应链某个节点企业库存成本来获取供应链的整体库存成本的降低是不可能的,否则违背于各节点企业获利博弈均衡原理<sup>[10-11]</sup>,因此不管采用何种库存成本优化策略降低供应链整体库存成本,供应链各节点企业库存成本的变化,必定在一个相对稳定的范围里。便于推导先给出如下的定理:

定理1: 设任意,  $x_1, x_2, \Lambda, x_N > 0, f(x_1, x_2, \Lambda, x_N) = \sum_{i=1}^N (\frac{1}{2} a_i x_i + \frac{b_i}{x_i})$ , 其中  $a_i, b_i > 0$ , 具有极小值, 并设  $f(x_i) = \frac{1}{2} a_i x_i + \frac{b_i}{x_i}$  的极小值点为  $x_i^*$  ( $i = 1 \Lambda N$ ), 则  $(x_1^*, x_2^*, \Lambda, x_N^*)$  是  $f(x_1, x_2, \Lambda, x_N)$  的极小值点。(证明从略)

定理2: 对  $x_i > 0$ , 设  $f(x_i) = \frac{1}{2} a_i x_i + \frac{b_i}{x_i}$  其中  $a_i, b_i > 0, x_i^*$  为极小值点, 则  $f(x_i)$  为  $x_i$  的凸函数且  $x_i > x_i^*$  时递增,  $x_i < x_i^*$  时递减。(证明从略)

首先在非中心化策略下, 计算供应链各节点对各类供应材料的经济订货批量, 即计算第  $j$  层第  $i$  个节点对  $h$  类材料的最佳订货批量  $Q_i^{(j,h)}$  的值。根据定理1, 因为

$$TA_i^{(j,h)} = \frac{1}{2} Q_i^{(j,h)} \cdot h_i^{(j,h)} + h_i^{(j,h)} \cdot SS_i^{(j,h)} + C_i^{(j,h)} \cdot \frac{D_i^{(j,h)}}{Q_i^{(j,h)}} + b_i^{(j,h)} \cdot D_i^{(j,h)} + P_i^{(j,h)} \cdot PS_i^{(j,h)} \cdot \frac{D_i^{(j,h)}}{Q_i^{(j,h)}}$$

其中,  $j \in [1, N], i \in [1, I \cdot J], h \in [1, H^{(j,i)}]$ 。

对上式中的  $Q_i^{(j,h)}$  求导, 使

$$\frac{\partial TA_i^{(j,h)}}{\partial Q_i^{(j,h)}} = 0 \quad (7)$$

解方程(7)得其解为

$$QI_i^{*(j,h)} = \sqrt{\frac{2(C_i^{(j,h)} + P_i^{(j,h)} \cdot PS_i^{(j,h)}) \cdot D_i^{(j,h)}}{h_i^{(j,h)}}}$$

其次,如果  $QI_i^{*(j,h)}$  满足(5)则供应链  $j$  层第  $i$  个节点第  $h$  类材料的最佳订货批量选取为  $Q_i^{*(j,h)} = QI_i^{*(j,h)}$ , 如果不满足(5)则根据定理 2,  $Q_i^{*(j,h)}$  选取为(5)中的临界状态, 即  $LP_i^{(j,h)} = \frac{PS_i^{(j,h)}}{1 - \alpha_i^{(j,h)}}$ , 则  $Q_i^{*(j,h)} = LP_i^{(j,h)}$ 。以上方法确定的  $Q_i^{*(j,h)}$ ,  $j \in [1, N]$ ,  $i \in [1, I, J]$ ,  $h \in [1, H^{(j,i)}]$  使整个供应链各节点在  $\alpha_i^{(j,h)}$  服务水平约束下库存最佳费用。算法流程如图 2 所示。

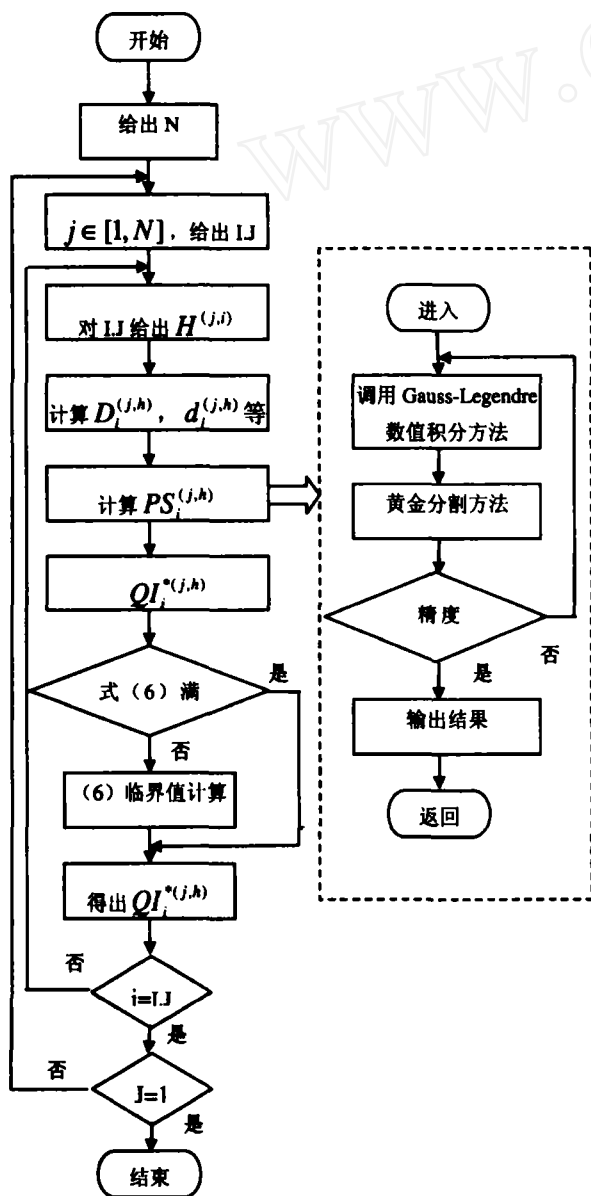


图 2 算法流程图

## 5 实例计算

设有一个核心企业及其两层供应商组成三级供应链。假定供应链第二层、第一层分别有两个供应商, 最终货源供应商有四个。核心企业生产核心产品所需原材料共两种, 分别通过二层的两个供应商订货购买。有如下的数值设定:

企业生产计划时间  $T = 30$  天,  $d_1^{(3,1)} = 10$  单位 / 每天,  $d_1^{(3,2)} = 20$  单位 / 每天,  $r_1^{(2,1)}(1) = 1/2$ ,  $r_2^{(2,1)}(1) = 1/2$ ,  $r_1^{(2,2)}(1) = 1/3$ ,  $r_2^{(2,2)}(1) = 2/3$ ,  $r_1^{(1,1)}(2) = 2/3$ ,  $r_2^{(1,1)}(2) = 1/3$ ,  $r_1^{(1,2)}(1) = 1/4$ ,  $r_2^{(1,2)}(1) = 3/4$ ,  $r_1^{(1,1)}(2) = 1/2$ ,  $r_2^{(1,1)}(2) = 1/2$ ,  $r_1^{(1,2)}(2) = 1/4$ ,  $r_2^{(1,2)}(2) = 3/4$ , 各节点订货提前期取为  $L_1^{(3,1)}, L_1^{(3,2)} \sim U(1, 5)$ ,  $L_1^{(2,1)}, L_1^{(2,2)}, L_2^{(2,1)}, L_2^{(2,2)} \sim U(2, 6)$ ,  $L_1^{(1,1)}, L_1^{(1,2)}, L_2^{(1,1)}, L_2^{(1,2)} \sim U(2, 5)$ , 各节点的各种单位成本为  $b_i^{(j,1)} = (5\% \times j + 10)$  单位,  $b_i^{(j,2)} = (4\% \times j + 10)$  单位,  $h_i^{(j,1)} = h_i^{(j,2)} = 0$ 。5 单位  $r_2^{(1,1)}(1) = 1/3$ ,  $r_1^{(1,2)}(1) = 1/4$ ,  $r_2^{(1,2)}(1) = 3/4$ ,  $r_1^{(1,1)}(2) = 1/2$ ,  $r_2^{(1,1)}(2) = 1/2$ ,  $r_1^{(1,2)}(2) = 1/4$ ,  $r_2^{(1,2)}(2) = 3/4$ , 各节点订货提前期取为  $L_1^{(3,1)}, L_1^{(3,2)} \sim U(1, 5)$ ,  $L_1^{(2,1)}, L_1^{(2,2)}, L_2^{(2,1)}, L_2^{(2,2)} \sim U(2, 6)$ ,  $L_1^{(1,1)}, L_1^{(1,2)}, L_2^{(1,1)}, L_2^{(1,2)} \sim U(2, 5)$ , 各节点的各种单位成本为  $b_i^{(j,1)} = (5\% \times j + 10)$  单位,  $b_i^{(j,2)} = (4\% \times j + 10)$  单位,  $h_i^{(j,1)} = h_i^{(j,2)} = 0$ 。5 单位  $j = 3, 2, 1, i = 1, 2, P_i^{(j,1)} = P_i^{(j,2)} = 4$  单位  $C_i^{(3,h)} = 6$  单位 / 次,  $C_i^{(2,h)} = 5$  单位 / 次,  $C_i^{(1,h)} = 4$  单位 / 次, 对货源供应商  $b_i^{(0,1)} = b_i^{(0,2)} = 10$  单位,  $j = 3, 2, 1, i = 1, 2, h = 1, 2$ , 各节点的对所有材料的供货服务水平设定为 98%。则计算结果如表 1 列出。

根据式(5)约束条件及表 1 中的数值,  $QI_1^{*(2,2)}$  不符合式(5), 因此  $QI_1^{*(2,2)}$  的取值为相应的  $LP_1^{(2,2)}$  的值, 即供应链最佳订货批量  $Q_i^{*(j,h)}$  除了  $Q_1^{*(2,2)} = LP_1^{(2,2)}$  外其余均取为上表中的相应的  $QI_i^{*(j,h)}$ 。从而,  $Q_i^{*(j,h)}$   $i = 1, 2, j = 3, 2, 1, h = 1, 2$  值代入(6)便可得供应链的最佳库存费用。

## 6 结论

在非集成化策略下, 因为点库存没有考虑供应链中相邻节点之间的库存信息, 以所掌握的需求信息为依据, 确定本企业的库存控制策略, 从而相应的供应链整体库存成本不一定是最优的。供应链集成策略使每个节点企业不仅检查自身的库存数据, 而且还要检查下游需求方的库存数据, 最终的目标使

整体供应链库存成本最优。多产品、多层供应链的库存控制问题是库存控制中的难点问题之一。本文基于供应链集成的思想,根据供应链供应网络的供需结构,分析了供应链网络各节点的需求特征,以

供应链各节点的供应或需求产品为对象,以供应链库存成本最小为目标,得出了供应链网络库存控制运作策略。

表 1 供应链各层库存指标

| 指标<br>层次      | 订货点<br>$R_i^{(j,k)}$ (单位) | 订货批量<br>$QI_i^{(j,k)}$ (单位) | 服务水平临界值<br>$LP_i^{(j,k)}$ (单位) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 三层( $j = 3$ ) | $R_1^{(3,1)} = 35$        | $QI_1^{(3,1)} = 109$        | $LP_1^{(3,1)} \approx 100$     |
|               | $R_1^{(3,2)} = 71$        | $QI_1^{(3,2)} = 155$        | $LP_1^{(3,2)} \approx 150$     |
| 二层( $j = 2$ ) | $R_2^{(2,1)} = 23$        | $QI_2^{(2,1)} = 74$         | $LP_2^{(2,1)} \approx 50$      |
|               | $R_1^{(2,1)} = 23$        | $QI_1^{(2,1)} = 74$         | $LP_2^{(2,1)} \approx 50$      |
|               | $R_1^{(2,2)} = 32$        | $QI_1^{(2,2)} = 84$         | $LP_1^{(2,2)} \approx 100$     |
|               | $R_2^{(2,2)} = 56$        | $QI_2^{(2,2)} = 120$        | $LP_2^{(2,2)} \approx 100$     |
| 一层( $j = 1$ ) | $R_1^{(1,1)} = 24$        | $QI_1^{(1,1)} = 74$         | $LP_1^{(1,1)} \approx 50$      |
|               | $R_2^{(1,1)} = 20$        | $QI_2^{(1,1)} = 63$         | $LP_2^{(1,1)} \approx 50$      |
|               | $R_1^{(1,2)} = 20$        | $QI_1^{(1,2)} = 70$         | $LP_1^{(1,2)} \approx 50$      |
|               | $R_2^{(1,2)} = 36$        | $QI_2^{(1,2)} = 105$        | $LP_2^{(1,2)} \approx 50$      |

参考文献.

[1] BALLOU R H. Business Logistics Management[M]. 3rd ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1992.  
[2] JUN HYUNG RYN, VIVCK DUA, EFSTRATIONS N PISTIKOPOULOS. A bi-level programming frame work for enterprise-wide process networks under uncertainty [J]. Computers Chemical Engineering, 2004, 28(11): 1121 – 1139.  
[3] 彭祿斌,等. 供应链网状结构中多级库存控制模型[J]. 东南大学学报, 2002, 32(2): 218–222.  
[4] 盛骤,等. 概率与数理统计[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2001.  
[5] 王迎军. 供应链管理——实用建模方法及数据挖掘[M]. 北京:清华大学出版社,2001.

[6] DONALD WATERS. Inventory Control and Managewent [M],2nd ed., John Wiley & Sons,2003.  
[7] 白少布,等. 树型集约供应链库存控制策略研究[J]. 经济师, 2006(10).  
[8] ALSTROM POUL. Numerical computation of inventory policies, based on the EOQ/ox value for order point systems [J]. International Journal of Production Economics, 2001, 71: 235–245.  
[9] 张文杰,等. 管理运筹学[M]. 北京:中国铁道出版社, 2004.  
[10] 侯光明,等. 管理博弈论[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2005.  
[11] 汪峻岸,等. 供应链中几种不同博弈的库存系统[J]. 系统工程, 2005, 23(4): 87–92.

A Study of the Stock Control Strategy of Multi-product and Multi-level Supply Chains Intensively Operated by the Core Enterprise

BAI Shao-bu<sup>1,2</sup>, XUE Heng-xin<sup>1</sup>, LIN Lin<sup>1</sup>

(1. School of Economics & Management Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 200094, China;  
2. Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** When the environment and structure of supply chains are stable, the knot enterprises of the chains adjust their operating strategies in order to meet demand. Considering the demand-supply structure and features of a supply chain network based on multi-level suppliers and multi-product intensively operated by a core enterprise, the authors analyze the characteristics of the demand of every knot in the network, obtaining the optimum stock cost when the order fulfillment lead-time is random, and make suggestions on the operating strategies of the supply chain according to the critical service level of every knot and the convex function features of the stock cost.  
**Key words:** multilevel supply chain; demand analysis; critical service level; stock control