

基于 MTO 生产策略的供应链联盟集成决策模型研究

梁 樑¹, 王志强¹, 王国华¹, 田俊峰², 汤卫君¹

(1. 中国科学技术大学商学院, 合肥 230026; 2. 中国科学技术大学计算机科学技术系, 合肥 230027)

[摘要] 根据供应链运作的特点提出了供应链绩效综合评价的四个标准, 以此为基础建立了 MTO 生产策略下供应链联盟集成决策指派求解模型。在供应链联盟总体综合绩效最大化和各个层次上企业意愿支付的基础上解决了联盟内部多支供应链生产合作的排程问题。供应链联盟的核心决策者运用该模型可以根据供应链运作环境的改变来动态地制订联盟合作战略。研究表明, 该战略符合联盟博弈的 Nash 均衡, 可以在保证联盟稳定性的同时使得联盟的整体绩效得到改善。

[关键词] MTO; 供应链; 绩效; 集成决策; 联盟博弈

[中图分类号] F224 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2005)05-0057-06

1 前言

21 世纪制造企业面对的是需求急剧变化与竞争高度激烈的全球化市场。企业为了保持其竞争能力, 必须不断地缩短产品开发研制时间, 改进产品质量, 降低生产成本, 缩短交货周期^[1]。然而, 要达到这些目标, 仅仅依靠单个企业自身的力量是远远不够的, 必须以协同的方式, 把企业内部和外部资源整合起来, 在协调个体绩效的基础上使系统整体绩效达到最优。为了解决该问题, 提出了供应链概念。

随着供应链概念的提出, 供应链管理 (supply chain management, SCM) 成为当今众多学者研究的主题。供应链管理有战略层和运作层两种研究层次。在这些方面已经建立了许多优化供应链运作模型如: Williams 介绍了七种探索型方法, 用以规划装配型供应链的生产—配送操作^[2,3]; Cohen 与 Lee 提出了研究供应链整体绩效的 PILOT 模型^[4,5]; Gamm 为 P&G 公司设计了一个整数规划模型用来根据顾客群的属性来合理安排配送中

心^[6]; Christy 与 Grout 建立了一个经济型博弈模型, 用以描述供应链中采购商和供应商之间的关系^[7]; Artzen 综合考虑生产时间和生产成本, 建立了 GSCM (global supply chain model)^[8]。

这些模型从成本与时间的不同角度分析了供应链整体优化问题。以上模型评价指标统计表明, 现有 SCM 战略决策模型多以成本指标为评价基础, 没有全面考虑供应链整体综合绩效。本文在整体供应链模型的综合绩效评价体系基础上, 分析了 MTO (make to order) 生产策略下供应链联盟内生产企业的多支供应链集成指派决策问题, 建立了供应链联盟集成优化决策模型。

2 供应链绩效评价指标

供应链管理的战略目标, 就是要最大化产品附加值、整合产品生产过程、改善市场响应速度和缩短产品的生命周期。库存量的不确定性是制约市场响应速度和生产成本的重要因素。对于生产企业, 只有不断提高产品附加利润, 更好地满足顾客需求和尽量减少过多的库存, 才能有效地降低经营风险

[收稿日期] 2004-04-19

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (70371023); 教育部博士点基金资助项目 (20030358052)

[作者简介] 梁 樑 (1962-), 男, 北京市人, 中国科学技术大学教授, 博士生导师。研究方向: 决策分析, 供应链管理系; 王志强 (1977-), 男, 河北石家庄市人, 中国科学技术大学商学院博士研究生, 研究方向: 供应链管理

和生产成本^[9,10]。

在供应链决策建模方面，目前主要使用成本和顾客满意度同时兼顾柔性和响应度作为评价指标^[11]。为了合理评价供应链联盟的整体绩效，笔者利用利润、提前期（响应速度）、交货敏捷度和库存成本四个指标来分别反映供应链联盟企业的盈利能力、柔性、可靠性和降耗能力。

- 利润（profit, P）——利润指标通过上游企业的意愿支付和本企业的生产成本之差表示；

- 提前期（expected lead time, ELT）——柔性是企业对客观环境的反映能力，提前期越短，产品和过程柔性越高。

- 交货敏捷度（expected delivery delay, EDD）——该指标反映了供应链或者企业履行承诺的能力，可靠性可以由交货的敏捷度来描述。

- 库存成本（expected stocking cost, ESC）——包括在制品（work in process）的持有成本，成品持有成本和运输持有成本等等，库存量的减少可以降低半成品和成品的浪费。

通过这些指标不仅可以评价该节点企业（或供应商）的运营绩效，而且还能够考虑该层次节点企业（或供应商）的运营绩效对其上层节点企业或整个供应链的影响。

3 假设和符号说明

根据 MTO 生产策略与供应链整体绩效评估的特点，笔者采用了一般教材和文章中的假设：

- 1) 所研究的供应链属于联盟型供应链，即某一企业成员在供应链中占有主导地位，对其他成员具有很强的辐射和影响能力；
- 2) 模型中提前期和延期生产的赶工成本与生产企业自身管理水平相关，每个企业的赶工成本在决策期间可近似认为无变动。
- 3) 由于时间变量变化范围很小，笔者设定提前期和延期生产各类活动的赶工成本与时间变量是线形关系。
- 4) 处于不同地点企业之间的交货运输成本不同。

主要的指标相关参数符号设定见表 1。

其中：

$$\begin{aligned} \text{ETC} &= \text{EFC} + \text{ERC} + \text{FC} & (1) \\ \text{EFC} &= C_{fp}(\text{NPL} - \text{PL}) + C_{ft}(\text{NTL} - \text{TL}) & (2) \end{aligned}$$

表 1 变量参数表

Table 1 Table of variables and parameters

符号	定义
WP	意愿支付/元
ETC	期望总生产成本/元
ELT	期望提前期/天
EDD	期望交货迟延/天
ESC	期望库存成本/元
EFC	提前期期望变动成本/元
ERC	迟延期期望变动成本/元
ESL	上游企业期望提前期/天
ESD	上游企业期望迟延期/天
PL	计划生产提前期/天
TL	计划运输提前期/天
PD	生产迟延期/天
TD	运输迟延期/天
NPD	实际平均生产迟延期/天
NPL	实际平均运输迟延期/天
FC	固定成本包括原材料供应、生产和交货成本/元
C _s	原材料采购固定成本/元
C _p	产品生产固定成本/元
C _t	运输固定成本/元
C _{fp}	提前期赶工生产成本/元·天 ⁻¹
C _{ft}	提前期赶工运输成本/元·天 ⁻¹
C _{cp}	迟延期赶工生产成本/元·天 ⁻¹
C _{ct}	迟延期赶工运输成本/元·天 ⁻¹
H _p	在制品持有成本/元·天 ⁻¹
H _t	制成品运输持有成本/元·天 ⁻¹
P _s	原料供应迟延惩罚/元·天 ⁻¹
P _m	成品生产迟延惩罚/元·天 ⁻¹
P _t	运输迟延惩罚/元·天 ⁻¹
MSP	制成品市场销售均价/元；

$$\text{ERC} = C_{cp}(\text{NPD} - \text{PD}) + C_{ct}(\text{NTD} - \text{TD}) + P_s \times \text{ED} + P_m \times \text{PD} + P_t \times \text{TD} \quad (3)$$

$$\text{FC} = C_s + C_p + C_t \quad (4)$$

$$\text{ELT} = \text{SL} + \text{PL} + \text{TL} \quad (5)$$

$$\text{EDD} = \text{ED} + \text{PD} + \text{TD} = \text{SD} + \text{PD} + \text{TD} \quad (6)$$

$$\text{ESC} = H_p \times \text{PL} + H_t \times \text{TL} \quad (7)$$

设联盟有 m 层： $N_1, N_2, \dots, N_m, n_j = |N_j|, j = 1, 2, \dots, m$ ，代表每层的企业数量。供应链联盟以产品生产周期为基础划分层次，可以近似地认为 $N_i \cap N_j = \phi$ ，即每层的企业集合是不相交的。联盟的一支供应链设计是一个 m 元组： i_1, i_2, \dots, i_m ，其中 $i_1 \in N_1, i_2 \in N_2, \dots, i_m \in N_m$ 。对于进行合作的供应链上下游企业，集成决策四个绩效评价指标定义如下：

$$\forall k = 1, \dots, m - 1; i_k \in N_k, i_{k+1} \in N_{k+1}$$

利润:

$$P_{i_k i_{k+1}}^k = WP_{i_k}^{k+1} - ETC_{i_k i_{k+1}}^k;$$

$$\text{当 } k = m - 1 \text{ 时, } P_{i_k}^k = \text{MSP} - ETC_{i_k}^k \quad (8)$$

提前期:

$$\text{ELT}_{i_k i_{k+1}}^k = \text{SL}_{i_k}^k + \text{PL}_{i_k}^k + \text{TL}_{i_k i_{k+1}}^k \quad (9)$$

交货敏捷度:

$$\text{EDD}_{i_k i_{k+1}}^k = \text{SD}_{i_k}^k + \text{PD}_{i_k}^k + \text{TD}_{i_k i_{k+1}}^k \quad (10)$$

库存成本:

$$\text{ESC}_{i_k i_{k+1}}^k = H_{P_{i_k}}^k \times \text{PL}_{i_k}^k + H_{T_{i_k}}^k \times \text{TL}_{i_k i_{k+1}}^k \quad (11)$$

第一个指标是效益指标要求越大越好, 后三个指标是成本指标要求越小越好。

4 集成决策模型

4.1 初始化处理

一个供应链联盟的运作环境是由顾客需求和竞争企业共同影响的。在这样的环境下, 供应链联盟的核心决策层根据环境的变化, 调整联盟集成目标, 给定各个绩效指标的权重, 合理地调整安排合作策略, 选择合作伙伴。

目标权重 $w_i, i = 1, 2, 3, 4; 0 \leq w_i \leq 100,$

$\sum_{i=1}^4 w_i = 100,$ 代表了不同的运作环境下供应链联盟核心决策层对不同绩效目标要求的差异。在进行决策之前, 目标权重可由决策层根据顾客需求和联盟运作环境, 通过德尔菲法确定^[12,13]。

由于四个绩效指标的单位不统一, 为了能够进行综合比较, 在初始阶段要对原始数据进行初始化处理。采用线性转化法分别对效益指标和成本指标进行转换^[12]。

$$x_i^{\max} = \max_j x_{ij} \quad (12)$$

$$\text{对于效益指标: } z_{ij} = x_{ij} / x_i^{\max} \quad (13)$$

$$\text{对于成本指标: } z_{ij} = 1 - (x_{ij} / x_i^{\max}) \quad (14)$$

4.2 集成决策模型

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} p_{ij}^1 [w_1 P_{ij}^1 + w_2 \cdot \text{ELT}_{ij}^1 + \\ & \quad w_3 \cdot \text{EDD}_{ij}^1 + w_4 \cdot \text{ESC}_{ij}^1] + \\ & \quad \sum_{i=1}^{n_2} \sum_{j=1}^{n_3} p_{ij}^2 [w_1 \cdot P_{ij}^2 + w_2 \cdot \text{ELT}_{ij}^2 + \\ & \quad w_3 \cdot \text{EDD}_{ij}^2 + w_4 \cdot \text{ESC}_{ij}^2] + \dots + \\ & \quad \sum_{i=1}^{n_{m-1}} \sum_{j=1}^{n_m} p_{ij}^{m-1} [w_1 (P')_{ij}^{m-1} + w_2 (\text{ELT}')_{ij}^{m-1} + \end{aligned}$$

$$w_3 (\text{EDD}')_{ij}^{m-1} + w_4 (\text{ESC}')_{ij}^{m-1}] \quad (15)$$

s. t.

$$\sum_{j=1}^{n_{k+1}} p_{ij}^k \leq 1, i \in N_k, \forall k \in \{1, \dots, m - 1\}; \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} p_{ij}^k \leq 1, j \in N_{k+1}, \forall k \in \{1, \dots, m - 1\}; \quad (17)$$

$$p_{ij}^k \geq 0, \forall i \in N_k, j \in N_{k+1}, \forall k \in \{1, \dots, m - 1\}; \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} p_{ih}^k = \sum_{j=1}^{n_{k+2}} p_{hj}^{k+1},$$

$$\forall k \in \{1, \dots, m - 2\}, h = 1, 2, \dots, n_{k+1} \quad (19)$$

模型说明:

- 目标函数中 p_{ij}^k 为 0-1 变量代表供应链第 k 层企业 i 与第 $k+1$ 层企业 j 之间的合作关系: 0 表示不合作, 1 表示合作。

- 目标函数中 $P', \text{ELT}', \text{EDD}', \text{ESC}'$ 分别代表对供应链原始的四项绩效指标数据 $P, \text{ELT}, \text{EDD}, \text{ESC}$ 进行初始化处理之后的值。

- 目标函数中 $(P')_i^{m-1}$ 表示供应链联盟成品制造商以市场均价 MSP 销售制成品给终端客户的利润 P_i^{m-1} 的转换量, $P_i^{m-1} = \text{MSP} - \text{ETC}_i^{m-1}$ 。

- 约束模型 (16) ~ (19), 确保了在多支供应链构建中, 每个企业有原料或者半成品的输入就要有产品输出。

- 求解模型得到解 $p_{ij}^k, i \in N_k, j \in N_{k+1}, k \in \{1, \dots, m - 1\}$ 为 0 ~ 1 变量, 即在给定的运作环境之下, 供应链联盟采用 MTO 生产策略时最优的集成决策。

4.3 模型解性质的探讨

首先, 设 $b_{i_k i_{k+1}}^k = w_1 (P')_{i_k i_{k+1}}^k + w_2 (\text{ELT}')_{i_k i_{k+1}}^k + w_3 (\text{EDD}')_{i_k i_{k+1}}^k + w_4 (\text{ESC}')_{i_k i_{k+1}}^k$, 代表供应链某个层次上下游企业合作的绩效。其中 $i_k \in N_i, i_{k+1} \in N_{k+1}, k \in \{1, \dots, m - 1\}$ 。将每层企业看作一个理性决策者, 则他们之间相互合作形成联盟博弈。构建 m 层指派博弈的特征函数^[14,15]: 对于所有的 $T \subseteq N$, 其中 N 代表局中人集合 $N = N_1 \cup N_2 \dots \cup N_m$, 特征函数 V 满足以下性质: **a.** $V(\emptyset) = 0$; **b.** $V(T) = 0$, 如果 $T \cap N_j = \emptyset, j \in \{1, \dots, m\}$; **c.** $V(\{i_1, \dots, i_m\}) = a_{i_1, \dots, i_m}, \forall i_1 \in N_1, \dots, i_m \in N_m$; **d.** $V(T) = \max_r \{a_{i_1^1, \dots, i_m^1} + \dots + a_{i_1^r, \dots, i_m^r}\}; a_{i_1, \dots, i_m}$ 表

示匹配某条供应链的综合绩效,其中 r 是此指派博弈中相互独立的匹配总数量, $r \leq \min\{|T \cap N_1|, \dots, |T \cap N_m|\}$ 。

该博弈核心收益的特征函数构建如下:

- a. $\forall k \in \{2, \dots, m-2\}$, 对于所有的 $i \in N_k$, $x_i^k = v_i^k + w_i^k$;
- b. 对于所有的 $i \in N_1, x_i^1 = v_i^1$;
- c. 对于所有的 $i \in N_m, x_i^m = w_i^m$; 对于任一 $T \subseteq N, x(T) = \sum_{i \in N_1 \cap T} x_i^1 + \dots + \sum_{i \in N_m \cap T} x_i^m$

集成求解模型 (15) 的对偶规划为

$$\min \sum_{i=1}^{n_1} v_i^1 + \sum_{i=1}^{n_2} (v_i^2 + w_i^2) + \dots + \sum_{i=1}^{n_{m-1}} (v_i^{m-1} + w_i^{m-1}) + \sum_{i=1}^{n_m} w_i^m \quad (20)$$

s. t.

$$v_i^1 + w_j^2 + y_j^2 \geq b_{ij}^1, \forall i \in N_1, \forall j \in N_2 \quad (21)$$

$$v_i^{m-1} + w_j^m + y_j^{m-1} \geq b_{ij}^{m-1}, \forall i \in N_{m-1}, \forall j \in N_m \quad (22)$$

$$v_i^k + w_j^{k+1} - y_j^k + y_j^{k+1} \geq b_{ij}^k, \forall i \in N_k, \forall j \in N_{k+1}; \quad (23)$$

$$\forall k \in \{1, \dots, m-1\}, v_i^k \geq 0, w_j^{k+1} \geq 0; \quad (24)$$

这样任取一匹配 $i_1, \dots, i_m; i_1 \in N_1, \dots, i_m \in N_m$, 则有:

$$\begin{aligned} x(\{i_1, \dots, i_m\}) &= v_{i_1}^1 + (v_{i_2}^1 + w_{i_2}^2 + y_{i_2}^2 - y_{i_2}^2) + \\ &\dots + (v_{i_{m-1}}^{m-1} + w_{i_{m-1}}^m + y_{i_{m-1}}^{m-1} - y_{i_{m-1}}^m) + w_{i_m}^m = \\ &(v_{i_1}^1 + w_{i_2}^2 + y_{i_2}^2) + ((v_{i_2}^2 + w_{i_3}^3) + y_{i_3}^3 - \\ &y_{i_2}^2) + \dots + (v_{i_{m-1}}^{m-1} + w_{i_m}^m - y_{i_{m-1}}^{m-1}) \geq \\ &b_{i_1 i_2}^1 + \dots + b_{i_{m-1} i_m}^{m-1} \end{aligned}$$

所以对于所有的 $T \subseteq N$ 有 $x(T) \geq v(T)$ 。另外由对偶规划的性质, 可知在最优解点, 两个规划的目标函数值是相同的。于是又得到 $x(N) = v(N)$ 。这样根据博弈核心的定义可知, 集成求解模型的最优解就是联盟博弈的核心。

5 算例

考虑一个四层的供应链决策制订的联盟核心企业, 如何合理安排 12 个备选的合作者为最终的产

品用户服务。第一层: 原料供应商; 第二层: 组件生产商; 第三层: 产品装配商; 第四层: 终端顾客。对于终端客户, 在本模型中设定他们根据市场平均销售价格购买供应链联盟提供的产品。

经过与潜在的合作者和消费者沟通, 核心企业根据供应链运作环境, 制订了集成化目标和指标的权重参数 (表 2)。

表 2 指标权重参数表

Table 2 Table of the weights of evaluation indexes

利润	提前期	交货敏捷度	库存成本
24	26	30	20

各层企业的运作决策数据见表 3 算例数据表, 其中 M 代表原料提供商, C 代表组件提供商, A 代表装配商, U 代表终端顾客的意愿支付 MSP = 5 000 元。

利用公式 (1) ~ (7) 计算原始数据的四个指标值, 然后对其进行线性变换规范化得到表 4 规范化数据表。

数据带入集成决策模型 (15) ~ (19), 得到: 在给定运作环境与 MTO 生产策略下供应链联盟合作的最优战略, 即联盟形成四条相互独立的供应链, 最优的整体绩效值是 470.35。这四条供应链安排如下:

M1 - C1 - A3 - USER3; M2 - C3 - A1 - USER4; M3 - C4 - A4 - USER1; M4 - C2 - A2 - USER2;

6 结论

建立了一种基于 MTO 生产策略的供应链集成决策模型。根据供应链自身运作的特点提出了包括利润、提前期、交货敏捷度和库存成本在内的四标准绩效评估体系。利用模型的指标权重, 供应链联盟的决策制订者可以方便灵活地将自己对供应链运作环境的主观判断加入集成决策模型之中。模型解也符合联盟博弈的核心体现出模型战略的稳定性。

通过算例可以看出, 供应链中的企业在联盟核心的影响下调整合作战略, 使整个联盟以 MTO 策略生产的整体综合绩效达到最大, 使联盟稳定性达到最高。

表 3 算例数据表

Table 3 Data table for numerical example

	M1	M2	M3	M4	C1	C2	C3	C4	A1	A2	A3	A4
WP	-	-	-	-	1500	1650	1550	1600	3000	2900	2950	3050
SL	2	3	1	2	1.5	2	1	1.5	1	2	0.5	1
SD	0.5	1	1.5	0.5	0.5	1	2	1	0.3	0.4	0.2	0.5
PL	7	8	6	9	5	6	4	7	3	2	1	3
TL	10 - C1	15 - C1	11 - C1	18 - C1	15 - A1	12 - A1	8 - A1	7 - A1	8 - U1	6 - U1	5 - U1	4 - U1
	20 - C2	12 - C2	19 - C2	11 - C2	9 - A2	10 - A2	16 - A2	18 - A2	4 - U2	6 - U2	9 - U2	7 - U2
	13 - C3	14 - C3	12 - C3	13 - C3	11 - A3	12 - A3	9 - A3	10 - A3	4 - U3	5 - U3	2 - U3	1 - U3
	12 - C4	18 - C4	13 - C4	20 - C4	18 - A4	14 - A4	10 - A4	9 - A4	3 - U4	1 - U4	2 - U4	4 - U4
PD	3	4	3	6	0.8	0.6	0.4	0.8	0.5	0.8	0.2	0.4
TD	2 - C1	4 - C1	2 - C1	5 - C1	1 - A1	2 - A1	1.5 - A1	3 - A1	1 - U1	2 - U1	1.5 - U1	0.4 - U1
	6 - C2	3 - C2	5 - C2	3 - C2	3 - A2	2 - A2	3 - A2	1 - A2	2 - U2	1 - U2	1 - U2	1.5 - U2
	3 - C3	3 - C3	3 - C3	4 - C3	1 - A3	2 - A3	2 - A3	2 - A3	2 - U3	1.5 - U3	0.5 - U3	0.8 - U3
	3 - C4	5 - C4	2 - C4	6 - C4	2 - A4	3 - A4	1 - A4	4 - A4	0.5 - U4	1 - U4	0.5 - U4	0.6 - U4
NPD	5	4	6	9	2	3	5	7	1	1.2	0.4	0.5
NPL	10	9	12	15	6	8	7	8	4	3	2	5
CS	400	400	400	400	1400	1580	1490	1560	2500	2600	2800	2500
CP	400	420	410	430	700	800	780	900	1200	1400	1500	1200
CT	160 - C1	220 - C1	180 - C1	240 - C1	300 - A1	250 - A1	310 - A1	200 - A1	300 - U1	320 - U1	200 - U1	180 - U1
	260 - C2	180 - C2	250 - C2	180 - C2	230 - A2	240 - A2	230 - A2	340 - A2	280 - U2	240 - U2	190 - U2	210 - U2
	200 - C3	210 - C3	190 - C3	190 - C3	280 - A3	250 - A3	240 - A3	230 - A3	250 - U3	330 - U3	240 - U3	200 - U3
	180 - C4	240 - C4	200 - C4	260 - C4	320 - A4	280 - A4	250 - A4	220 - A4	340 - U4	280 - U4	230 - U4	180 - U4
CFP	20	20	21	18	15	18	23	17	24	20	22	28
CFT	10	10	12	11	8	6	8	7	10	14	16	17
CRP	15	14	12	9	11	13	10	8	6	5	8	9
CRT	10	10	9	12	7	6	8	5	10	11	14	9
HP	2	1	1.5	2	2	3	4	5	0.5	0.4	0.8	0.6
HT	1.5	0.5	1	1	0.8	1	1.5	2	1	1.2	2	1.5
PS	3	2	4	2	4	5	6	4	5	6	4	3
PM	2	1	3	3	4	3	5	6	2	3.5	4	2.5
PT	3	2	2	1	4	5	3	2	8	10	7	9
NTL	11 - C1	17 - C1	13 - C1	18 - C1	18 - A1	12 - A1	10 - A1	10 - A1	10 - U1	8 - U1	6 - U1	6 - U1
	22 - C2	13 - C2	21 - C2	11 - C2	11 - A2	15 - A2	20 - A2	17 - A2	6 - U2	6 - U2	9 - U2	7 - U2
	15 - C3	16 - C3	14 - C3	15 - C3	13 - A3	14 - A3	11 - A3	13 - A3	8 - U3	7 - U3	4 - U3	2 - U3
	14 - C4	20 - C4	14 - C4	20 - C4	19 - A4	14 - A4	10 - A4	9 - A4	3 - U4	5 - U4	3 - U4	5 - U4
NTD	4 - C1	5 - C1	3 - C1	6 - C1	2 - A1	1 - A1	2 - A1	4 - A1	1 - U1	3 - U1	1.5 - U1	1 - U1
	6 - C2	3 - C2	6 - C2	5 - C2	4 - A2	3 - A2	4.5 - A2	2 - A2	2.5 - U2	2 - U2	2 - U2	2 - U2
	4 - C3	4 - C3	5 - C3	6 - C3	1 - A3	5 - A3	2 - A3	4 - A3	3 - U3	2 - U3	1 - U3	1.2 - U3
	5 - C4	7 - C4	4 - C4	6 - C4	3 - A4	3 - A4	3 - A4	2 - A4	0.5 - U4	1.5 - U4	2 - U4	0.6 - U4

表4 规范化算例数据表

Table 4 Normalization data table for numerical example

	M1	M2	M3	M4		C1	C2	C3	C4		A1	A2	A3	A4
P'-C1	0.968	0.543	0.746	0.297	P'-A1	0.927	1.000	0.637	0.931	P'-U1	0.932	0.807	0.983	0.967
P'-C2	0.847	1.000	0.851	1.000	P'-A2	1.000	0.389	0.296	0.296	P'-U2	1	1	0.933	0.962
P'-C3	0.873	0.665	0.884	0.563	P'-A3	0.956	0.673	0.682	0.682	P'-U3	0.989	0.808	0.894	1
P'-C4	1	0.520	1	0.253	P'-A4	0.980	0.920	1	1	P'-U4	0.986	0.877	1	0.997
ELT'-C1	0.345	0.103	0.308	0.065	ELT'-A1	0.122	0.091	0.381	0.415	ELT'-U1	0	0	0.381	0.273
ELT'-C2	0	0.208	0	0.290	ELT'-A2	0.367	0.182	0	0	ELT'-U2	0.333	0	0	0
ELT'-C3	0.241	0.138	0.269	0.226	ELT'-A3	0.286	0.091	0.333	0.302	ELT'-U3	0.333	0.1	0.667	0.545
ELT'-C4	0.276	0	0.231	0	ELT'-A4	0	0	0.286	0.340	ELT'-U4	0.417	0.5	0.667	0.273
EDD'-C1	0.421	0.1	0.315	0.08	EDD'-A1	0.465	0.217	0.278	0.172	EDD'-U1	0.357	0	0	0.458
EDD'-C2	0	0.2	0	0.24	EDD'-A2	0	0.217	0	0.517	EDD'-U2	0	0.313	0.263	0
EDD'-C3	0.315	0.2	0.211	0.16	EDD'-A3	0.465	0.217	0.185	0.345	EDD'-U3	0	0.156	0.526	0.292
EDD'-C4	0.315	0	0.316	0	EDD'-A4	0.233	0	0.370	0	EDD'-U4	0.536	0.313	0.526	0.375
ESC'-C1	0.341	0.0882	0.286	0.0526	ESC'-A1	0.098	0.063	0.300	0.310	ESC'-U1	0	0	0.426	0.366
ESC'-C2	0	0.176	0	0.237	ESC'-A2	0.295	0.13	0	0	ESC'-U2	0.421	0	0	0
ESC'-C3	0.239	0.118	0.25	0.184	ESC'-A3	0.230	0.063	0.263	0.225	ESC'-U3	0.421	0.150	0.745	0.732
ESC'-C4	0.273	0	0.214	0	ESC'-A4	0	0	0.225	0.254	ESC'-U4	0.526	0.750	0.745	0.366

参考文献

- [1] 霍佳震. 企业评价创新——集成化供应链绩效及其评价[M]. 石家庄: 河北人民出版社, 2001. 1~5
- [2] Williams J F. Heuristic techniques for simultaneous scheduling of production and distribution in multi-echelon structures: Theory and empirical comparisons [J]. *Management Science*, 1981, 27 (3): 336~352
- [3] Williams J F. A hybrid algorithm for simultaneous scheduling of production and distribution in multi-echelon structures [J]. *Management Science*, 1983, 29 (1): 77~92
- [4] Cohen M A, Lee H L. Strategic analysis of integrated production-distribution systems: Models and methods [J]. *Operation Research*, 1988, 36 (2): 216~228
- [5] Cohen M A, Lee H L. Impact of production scale economics, manufacturing complexity, and transportation costs on supply chain facility networks [J]. *Journal of Manufacturing and Operation Management*, 1990, 3: 269~292
- [6] Camm J D, et al. Blending OR/MS, judgement, and GIS: Restructuring P&G's supply chain [J]. *Interfaces*, 1997, 27 (1): 128~142
- [7] Christy D P, Grout J R. Safeguarding supply chain relationships [J]. *International Journal of Production Economics*. 1994, 36: 233~242
- [8] Artzen B C, et al. Global supply chain management at digital equipment corporation [J]. *Interfaces*, 1995, 25: 69~93
- [9] Stanley Baiman, Paul E, Madhav V. Performance measurement and design in supply chains [J]. *Management Science*, 2001, 47 (1): 173~188
- [10] Brandenburger A, Stuart Jr H W. Value-based Business Strategy [J]. *Journal of Economic Management Strategy*, 1996, (5): 5~24
- [11] 徐贤浩, 马士华, 陈荣秋. 供应链绩效评价特点及其指标体系研究 [J]. *华中理工大学学报 (社会科学版)*, 2000, 14 (2): 69~72
- [12] 陈 珽. 决策分析 [M]. 第二版, 北京: 科学出版社, 1987. 172~180
- [13] 钱颂迪. 运筹学 [M]. 第二版, 北京: 清华大学出版社, 1990. 194~214
- [14] 罗杰·B, 迈尔森. 博弈论—矛盾冲突分析 [M]. 北京: 中国经济出版社, 2001. 333~385
- [15] Marchi E, Oviedo J A. The core of a further m-sided assignment game [J]. *European Journal of Operational Research*, 1997, 98: 617~625

(下转第83页)

Research on the Microscopic Mechanism and Microscopic Phenomena of the Gas Porous Electrode Reaction

Zhu Mei, Xu Xianzhi, Yang Jiming

(*Department of Mechanics and Mechanical Engineering, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China*)

[**Abstract**] In order to get the theoretical reference for making high efficiency porous electrode, microscopic mechanism and macroscopic phenomena of the porous electrode reaction were explored by new ideas and new methods. The superiority of the vertical porous gas electrode to the traditional electrode was proved by the zinc-air battery discharge experiment. By the experiment, three macroscopic time-varied courses of the three-phase interface's shape variation were observed. According to electrochemical processes corresponding to the three macroscopic courses, two kinds of typical three-phase interface formed in the electrode reaction were defined. The microscopic mechanism of the electrolyte movement in the porous electrode was analyzed. It was concluded that the ideal discontinuity interface is the optimal active state of the gas porous electrode.

[**Key words**] porous electrode; three-phase interface; zinc-air battery

(cont. from p.62)

Integrated Decision Model of Supply Chain Based on MTO Manufacturing Strategy

Liang Liang¹, Wang Zhiqiang¹, Wang Guohua¹, Tian Junfeng², Tang Weijun¹

(1. *Business School of University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China*;

2. *Dept. of Computer Science of University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China*)

[**Abstract**] This paper presents four criteria to evaluate the efficiency and effectiveness of supply chain. It proposes an integrated decision model under MTO manufacturing strategy for multi-chain assignment problem. Study shows that under the specific operation environment the core decision makers of supply chain can apply the integrated decision model dynamically, so as to maximize the whole efficiency and effectiveness of the alliance and maintain its stability.

[**Key words**] MTO; supply chain; efficiency and effectiveness; integrated decision; coalition game