

文章编号: 1006-2467(2005)03-0468-03

基于风险控制的供应链结构优化问题

张存禄¹, 王子萍², 黄培清², 骆建文²

(1. 厦门大学 管理学院, 厦门 361005; 2. 上海交通大学 安泰管理学院, 上海 200052)

摘要: 供应阶段的供应链结构问题实质是供应商数量问题。在定量分析供应商数量与供应风险及采购总成本关系的基础上, 建立了多目标优化模型。通过模型求解, 给出在指定供应风险水平下最优供应商数量与采购总成本。

关键词: 供应链风险; 结构优化; 采购成本

中图分类号: N 94 **文献标识码:** A

Supply Chain Structure Optimization Based on Risk Control

ZHANG Cun-lu¹, WANG Zi-ping², HUANG Pei-qing², LUO Jian-wen²

(1. School of Management, Xiamen Univ., Xiamen 361005, China;

2. Antai School of Management, Shanghai Jiaotong Univ., Shanghai 200052)

Abstract: To improve supply chain structure is an effective way to control risks. The problem of structure optimization in supply is essentially how to determine the supplier number. The number of suppliers is related to the supply risk and total purchase cost. Based on the quantitative analysis of the relation of them, it established a multi-objective optimal model, and gave the optimal supplier number and total purchase cost under specified supply risk through resolving the model.

Key words: supply chain risk; structure optimization; purchase cost

建立在可靠供应链基础上的企业对供应链有强大的依赖性。由于供应链条中的不同企业相互关联, 因此从原材料供应到产品配送的任何环节出现“断裂”都会影响整个链条的运作。实践证明, 企业对供应链的依赖增加了企业的经营风险。作为新型企业运作模式的虚拟企业对供应链的依赖程度很高, 根据Lacity等^[1]对虚拟企业的统计, 只有47.8%完全成功, 13%完全失败, 19.6%处于高风险状态, 其他不能确定。客观上, 供应链的多参与主体、跨地域和多环节的特征, 使供应链容易受到来自外部环境和链上各实体内部不利因素的影响, 形成供应链风险。

供应链风险管理已经引起实业界和理论界的注意。供应链风险管理是供应链管理的重要内容, 不考虑供应链风险的优化是有缺陷的。

从供应链系统构成的角度来分析供应链风险的来源, 有来自外部环境的, 有来自供应链活动各行为主体(供应商、生产商、分销商等)的, 也有可能是由于供应链结构的不合理引起的。文献[2]中说明了供应链结构对风险的影响, 改进供应链的结构是控制供应链风险的有效措施。把研究对象集中在供应链的供应阶段, 供应阶段供应链的结构问题实质上是供应商数量的选择问题。对供应商数量问题的研究

收稿日期: 2004-03-26

基金项目: 教育部博士点基金资助项目(20020248011)

作者简介: 张存禄(1965-), 男, 河南浚县人, 高级工程师, 主要从事供应链风险管理研究。黄培清(联系人), 男, 教授, 博士生导师, 电话(Tel): 021-82301180; E-mail: pqhuang@sjtu.edu.cn

还较少^[3]。仅仅从采购总成本的角度, 关于供应商数量的主流观点是选择少数供应商并与其建立长期合作伙伴关系^[4]。从风险规避角度, 企业应从多个供应商处采购。文献^[5]中通过对美国玩具行业的调查发现, 玩具商为了规避汇率波动、自然灾害、政治动乱等原因导致的供应风险, 用多头采购策略向分布在东南亚的多个国家的供应商定货。到目前为止, 还没有基于供应风险控制的供应链结构问题的量化研究。本文综合考虑控制采购总成本和控制采购风险两方面的因素, 来研究供应商的最佳数量问题。

1 供应风险分析

由于供应商原因导致的风险, 表现在交货的时间延误、数量短缺、质量缺陷、地点差错等。造成供应商风险的原因可能来自供应商内部, 如员工操作失误、管理不善、设备故障等, 也可能是由于供应商的故意违约。风险还可能来自外部环境, 如供应商所在地区发生自然灾害、政治动乱、经济危机等, 或者受到意外的社会活动(如行政干预、司法处罚等)的影响, 以及供应商的供应商不能保证供给引发的连锁反应。

对随机因素导致的风险可以使用数理统计的方法估计, 对不确定偶发事件导致的风险可以用模糊集方法估计。

风险控制的策略有多种。预防供应商风险, 一是选择有实力、重信誉、业绩好、易合作的供应商, 降低来自单个供应商的风险水平; 二是同时与多个供应商合作, 其中某一个或多个供应商出现严重的供应障碍, 其他供应商仍能保证其余部分的正常供应, 把风险事件可能的影响降到最小。

假设供应链中共有 n 个供应商。为简化讨论, 只考虑供应商原因导致的交货延误(即时间风险), 用延期交货发生的概率来计量风险水平。设每个供应商是同质的, 即在相同条件下, 每个供应商出现延期交货的概率都为 P_r 。

假设每一供应商的生产能力都是有限的。 n 个供应商中, 一些供应商出现供货障碍而向其他供应商追加定货, 至少 r 个供应商正常工作, 才能保证正常供应; 多于 $n-r$ 个供应商不能供货, 就不能保证正常供应, 通常会引起严重后果。这里 r 与供应商的生产能力及生产商的采购总量有关。最极端的情况, 若供应商的生产能力足够大, 则 $r=1$ 。

由 n 个供应商组成的供应系统类似于可靠性中的表决系统, 该供应系统总的风险水平称为供应风险, 是整个供应系统不能正常供货的可能性。设每个

供应商的供货相互独立, 由二项分布易知该供应系统风险为

$$P_s = \sum_{i=0}^{r-1} \binom{n}{i} (1 - P_r)^i P_r^{n-i} \quad (1)$$

P_s 随着 n 的增加而减少。当 $n=1$ 时, $P_s = P_r$, 如果这一家供应商出现供货危机, 势必影响下游企业。

2 供应链结构与供应成本的关系

下面研究供应链结构(即供应商数量)与采购成本的关系。减少供应商数量, 因为向单个供应商的定货数量增加可以获得较高的价格折扣, 同时简化了供应链的结构, 降低了管理协调的工作量; 增加供应商的数量, 获得价格折扣的可能性减小, 而通过供应商之间的竞争压低采购价格的可能性增加, 同时供应商数量较多造成供应链的复杂化, 增加了生产商的采购管理成本。

和供应商数量直接相关的生产商采购成本包括直接成本和间接成本两部分。直接成本指生产商采购零部件支付的货款。设向每一供应商采购数量为 Q , 生产商总的采购数量为 $Q_z, Q = Q_z/n$ 。设零部件单价为 p , 在折扣为 0 时, 需要支付给供应商的货款 $y = Qp$ 。实际情况中, 采购数量越大, 折扣 d 越大。设

$$d = \begin{cases} d_1 & 0 < Q < Q_1 \\ \vdots & \\ d_i & Q_{i-1} < Q < Q_i \\ \vdots & \end{cases}$$

其中: $0 < Q_{i-1} < Q_i; 0 < d_{i-1} < d_i$

如果 Q 满足 $Q_{i-1} < Q < Q_i$, 则需要支付的采购货款总额:

$$y_1 = Q_z p (1 - d_i) \quad (2)$$

下面讨论产品单价 p 和供应商数量之间的关系。假设:

- (1) 该商品市场是买方市场, 生产商(买方)具有绝对的主导地位, 供应商尽力达成交易;
- (2) 供应商的数量由生产商自主决定;
- (3) 生产商和供应商之间的信息对称, 即供应商知道生产商同时和多少家供应商订货;
- (4) 各供应商的边际成本 c 相同。

在以上假设的基础上, 认为该生产商和 n 个供应商组成该商品的寡头市场。根据需求函数, 设 $p = a - bQ$, 运用 n 个企业的古诺模型可得均衡价格:

$$p = \frac{a}{n+1} + \frac{nc}{n+1} \quad (3)$$

式中: a 为外生变量; c 为完全竞争市场下的价格。当 n 时, $p = c$ 。

间接成本为生产商对 n 个供应商的采购管理协调费用, 是数量 n 的单调不减函数, 可记为 $y_2 = f(n)$.

综合直接成本和间接成本, 得总的采购成本为

$$C = y_1 + y_2 = f(n) + Qp(1 - d_i) \quad (4)$$

3 供应链结构优化模型

3.1 优化模型

研究的目的是如何确定供应商的数量, 来平衡供应环节的风险和采购总成本. 同时考虑供应风险状况和采购总成本, 建立双目标模型:

$$\left. \begin{array}{l} \min P_s \\ \min C = y_1 + y_2 \\ \text{s.t. } 1 \quad n \quad n_0 \end{array} \right\} \quad (5)$$

式中, n_0 为供应商数量的上界. n_0 的设定一方面考虑到供应商数量的有限性, 另一方面考虑到模型求解的可操作性.

根据多目标规划理论, 式(5)的双目标模型, 若所需最少可靠供应商数 r 固定, 一般找不到最优解 n^* 使得供应风险 P_s 和总成本 C 同时最优, 即一般找不到绝对最优解. 如何兼顾、平衡两个目标, 是求解该模型的关键. 求解双目标模型可以利用线性加权法, 考虑到式(5)中两目标的数量级相差太大, 转而从另外两个角度出发寻求最优解.

(1) 给定供应风险水平指标上界 P_0 的情况下, 极小化生产商的成本:

$$\left. \begin{array}{l} \min C = y_1 + y_2 \\ \text{s.t. } 1 \quad n \quad n_0 \\ P_s \quad P_0 \end{array} \right\} \quad (6)$$

(2) 给定生产商可接受最高成本额 C_0 的前提下, 极小化供应风险:

$$\left. \begin{array}{l} \min P_s \\ \text{s.t. } 1 \quad n \quad n_0 \\ y_1 + y_2 \quad C_0 \end{array} \right\} \quad (7)$$

3.2 实例分析

设生产商每年需要采购某零部件 20 万个. 供应商根据订货批量的大小提供价格折扣: 2 万件以下没有折扣; 2~3 万件的折扣率为 2%; 3~4 万件为 5%; 4~5 万件为 10%; 5~6 万件为 15%; 6~10 万件为 20%; 10 万件以上的折扣率是 30%. 挑选 n 家供应商, 采购管理费用为 $f(n) = 5000 + 2000n$. 边际成本 $c = 7.5$; 根据统计数据需求函数中的 $a = 10$; 单个供应商的供应风险水平 $P_r = 0.10$; 受产量的限制最少需要的供应商数量 $r = 3$, 而供应商数量上界

$n_0 = 10$. 下面运用式(6)求解最优供应商数量 n .

因为供应系统的风险水平随供应商数量的增加而降低, 给定供应风险 P_s 的上界 P_0 , 使用工具 MATLAB6.5 求解式(6)得表 1 的计算结果. 表中, C_m 为最优采购成本, n_c 为成本最低的供应商数量.

表 1 计算结果

Tab 1 The calculation results

P_0	C_m /万元	P_s	n_c
0.3	131.10	0.271 000 0	3
0.1	137.30	0.052 300 0	4
0.01	144.00	0.008 560 0	5
0.002	151.00	0.001 270 0	6
0.000 1	153.94	0.000 000 4	10

计算结果从一定程度上解释了生产商在追求低风险和减少采购成本之间的平衡. 从模型中可知, 成本实际上是由 3 个因素决定的: 管理费用、折扣和市场的竞争性. 管理费随着 n 的增加而增加, 折扣率随着 n 的增加而减少 (成本增加), 竞争性单价却是 n 的单调减函数. 仿真计算结果表明, n 在 3~6 之间, 成本随着 n 的增加而增加, 说明在成本中价格折扣的作用大于市场的竞争性; 当 $n > 6$ 时, 成本的变化不再呈单调性, 此时起优势作用的是市场的竞争性, 即现实中所谓的供应商之间的相互压价; 当 $n > 10$ 时, 影响成本的主要因素是管理费用. 生产商可根据需要的不同风险水平, 找到相应的供应商数量.

本例也可给定成本的上界, 利用式(7)来求解, 得到供应商数量与风险水平之间的关系. 计算过程与式(6)相似.

4 结 语

供应链的结构优化问题实际上是供应商数量的优化, 通过寻找最优的供应商数量而优化供应阶段的供应链结构, 降低采购成本和供应风险, 提高供应链的可靠性. 本文在考虑供应链供应风险的同时, 注意到生产商成本和供应商数量之间的关系, 建立一多目标模型, 试图平衡风险和成本. 因顾及到模型的可操作性, 文中做了一些假设, 风险和成本的函数都做了简化处理, 但正如实例的求解结果所示, 模型仍具有一定的普遍意义. 由表 1 可见, 要求的风险水平不同, 最优供应商数量也不同, 风险水平数值越低, 要求的供应商数量越多. 为了降低供应风险, 应从多个供应商处采购; 但如果供应商数量太多, 对降低风险水平的贡献已不明显, 还会造成管理难度增加, 采购总成本上升. (下转第 478 页)

参考文献:

- [1] 达庆利, 张 钦, 沈厚才. 供应链中牛鞭效应问题研究[J]. *管理科学学报*, 2003, 6(3): 86- 93
DA Qing-li, ZHANG Qin, SHEN Hou-cai Study on bull whip effect in supply chain [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2003, 6(3): 86- 93
- [2] Raymond Corey E. Should companies centralize procurement [J]. *Harvard Business Review*, 1978, 56(6): 102- 110
- [3] Eppen G, Schrage L. Centralized ordering policies in a multiwarehouse system with lead times and random demands [J]. *TMS Studies in the Management Sciences*, 1981, (16): 51- 67.
- [4] Federgruen A, Zipkin P. Approximations of dynamic, multilocation production and inventory problems [J]. *Management Science*, 1984, 30(1): 69 - 85
- [5] Erkip N, Warren H H, Steven N. Optimal centralized ordering policies in multi-echelon inventory systems with correlated demands [J]. *Management Science*, 1990, 36(3): 381- 392
- [6] Srinivas B, Ram A, Ramesh S. Centralized ordering and allocation policies in a two-echelon system with non-identical warehouses [J]. *European Journal of Operational Research*, 1998, 106(1): 74- 81
- [7] Refik Gullu A. Two-echelon allocation model and the value of information under correlated and demands [J]. *European Journal of Operational Research*, 1997, 99(2): 386- 400
- [8] Chen Fang-ruo, Zheng Yu-Sheng. One-warehouse multiretailer systems with centralized stock information [J]. *Operations Research*, 1997, 45(2): 275- 287.
- [9] Yossi Aviv, Avi Federgruen. Capacitated multi-item inventory systems with random and seasonally fluctuating demands: implications for postponement strategies [J]. *Management Science*, 2001, 47(4): 512- 532
- [10] 张 钦, 沈厚才, 达庆利. 供应链管理: 两级分销系统的最佳订货策略[J]. *系统工程学报*, 2002, (17): 303- 308
ZHANG Qin, SHEN Hou-cai, DA Qing-li. Supply chain management: optimizing order strategies of two-echelon distribution system [J]. *Journal of Systems Engineering*, 2002, (17): 303- 308
- [11] 《运筹学》教材编写组. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990 369- 374

(上接第 470 页)

参考文献:

- [1] Lacity M C, Willcocks L R, Feeny F. IT outsourcing: maximize flexibility and control [J]. *Harvard Business Review*, 1995, 73(3): 84- 93
- [2] 张齐刚. 浅谈供应链管理的风险规避[J]. *科学与管理*, 2001, (3): 75- 77.
ZHANG Qi-gang. Hazards avoiding in supply chain managements [J]. *Sci-Technology and Management*, 2001, (3): 75- 77.
- [3] 钟德强, 仲伟俊, 梅姝娥. 合作竞争下的供应商数量优化问题研究[J]. *管理科学学报*, 2003, 6(3): 55- 65
ZHONG De-qiang, ZHONG Wei-jun, MEI Shu-e, et al. Research on optimal number of suppliers based on co-opetition [J]. *Journal Management Science*, 2003, 6(3): 55- 65
- [4] Bakos J Y, Brynjolfsson E. Information technology, incentives and the optimal number of suppliers [J]. *Journal of Management Information System*, 1993, 10(2): 37- 53
- [5] Johnson M E. Learning from toys: lessons in managing supply chain risk from the toy industry [J]. *California Management Review*, 2001, 43(3): 106- 124

(上接第 473 页)

参考文献:

- [1] 泽昭人, 滨本明. 现金流量[M]. 冯 芳译. 北京: 中信出版社, 2001.
- [2] 赵艳芳. 现金流量的管理说与信息说的比较分析[J]. *财经研究*, 1998, (1): 16- 19
ZHAO Yan-fang. Comparison of cash flow management theory and information theory [J]. *Research of Finance and Economy*, 1998, (1): 16- 19.
- [3] A llayannis G S, Mozumdar A. Cash flow, investment, and hedging [DB/OL]. <http://www.ssrn.com/so13/results.cfm>
- [4] Tufano P. A agency cost of corporate risk management [J]. *Financial Management, Spring*, 1998, 27(1): 67 - 77.
- [5] Froot K A, Scharfstein D S, Stein J C. Risk management: coordinating corporate investment and financing policies [DB/OL]. <http://www.ssrn.com/so13/results.cfm>
- [6] Chacko G, Tufano P, Verter G. Gephalon, inc taking risk management theory seriously [DB/OL]. <http://www.ssrn.com/so13/results.cfm>