

# 供应链质量控制模型构建的参数设置比较

段春艳<sup>1</sup>, 黄志明<sup>2</sup>, 武小军<sup>1</sup>, 姜睿雅<sup>3</sup>

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 上海挚达科技发展有限公司, 上海 200433; 3. 中共烟台市委党校, 山东 烟台 264000)

**摘要:** 针对供应链质量控制中的不确定性问题, 改进已有质量参数离散情况下的供应链质量控制模型, 进行质量参数连续情况下供应链质量控制模型的构建与求解。通过质量参数离散和连续情况下供应链质量控制模型的建模假设、建模过程及案例计算对比表明, 质量参数连续情况下的供应链质量控制决策比质量参数离散情况下的供应链质量控制决策更能精确化地反映实际情况, 降低了供应链质量控制的不确定性; 实际中质量预防水平和质量检验水平分别随对应投入变化的趋势近似服从指数分布, 可以为制造商决策最优质量预防投入、购买商决策最优质量检验投入提供支持和依据。

**关键词:** 质量控制; 质量参数; 连续分布

**中图分类号:** F253.3

**文献标志码:** A

## Comparative Study on Parameter Design of Quality Control Modeling in Supply Chain

DUAN Chunyan<sup>1</sup>, HUANG Zhiming<sup>2</sup>, WU Xiaojun<sup>1</sup>, JIANG Ruiya<sup>3</sup>

(1. College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Zhida Technology Development Co. Ltd., Shanghai 200433, China; 3. Yantai Party School, Yantai 264000, China)

**Abstract:** The quality control model was constructed and solved in supply chain with continuous quality parameters by improving the existing quality control model in supply chain of discrete quality parameters to solve the uncertain problems in quality control of supply chain. Moreover, a comparative study was made of the modeling assumptions, modeling process and case calculation in quality control model of supply chain under continuous and discrete quality parameters. The results show that the quality control decisions of supply chain with continuous quality parameters can reflect the practical situation more accurately than the quality control decisions of supply chain with discrete quality parameters; in addition, the uncertainty of quality control in supply chain is decreased by

the quality control model of supply chain with continuous quality parameters; moreover, the changes tendency of the quality prevention level and quality inspection level along with the change of corresponding inputs are approximate in accordance with exponential distribution, and this situation would provide support and basis for the decisions of manufacturer's optimal quality prevention inputs and retailer's optimal quality inspection inputs.

**Key words:** quality control; quality parameters; continuous distribution

随着世界经济全球化的不断发展,越来越多的企业正不断加强全球范围内的合作、资源整合与优化配置,以降低生产成本、提高效率。企业之间的竞争逐步演变为企业的供应链、供应网络之间的竞争<sup>[1]</sup>。企业内的产品质量控制问题也逐渐转变为企业对供应链产品的质量控制问题。

对于供应链质量控制问题,国内外学者已经做了很多研究,主要体现在合作和非合作情况下供应链质量控制与协调研究、供应链质量控制的协调契约设计及供应链质量控制模型的建立和分析。本文研究的重点聚焦在供应链质量控制模型的建立和分析方面,有代表性文献主要体现在 Diane 等<sup>[2]</sup>通过建立质量控制模型分别解决在供应链冲突环境及时间连续条件下供应链企业间激励相容约束与动态规划约束中有效进行质量控制的问题。朱立龙等<sup>[3]</sup>通过建立制造商质量预防水平隐匿条件下的单边道德风险决策模型、购买商质量检验水平隐匿条件下的单边道德风险决策模型进行供应链质量控制策略研究。

综上所述,现有文献已从不同的视角和方法考虑不同的因素和引入不同的模型参数等对供应链质量控制做了尽可能全面详细的研究。然而,随着供应

收稿日期: 2013-12-01

基金项目: 上海市优秀学术带头人计划(11XD1405100); 上海市战略性新兴产业重点项目(第二批沪经信技(2013)152号); 上海市信息化发展专项资金(1374648649906)

第一作者: 段春艳(1987—),女,博士生,主要研究方向为管理理论与工业工程。E-mail: duanchunyan77@163.com

链规模的扩大,供应链管理的不确定性也在增大. 不确定性对供应链中需求、供应、生产等方面都有广泛的影响,同时也影响着供应链质量控制问题. 在供应链质量管理中,由于企业投入设备的质量和仪器的精密程度等投入水平不同,会导致制造商的质量预防水平和购买商的质量检验水平的不确定,这些不确定都会影响供应链的质量收益. 事实上,通过建立数学模型对供应链质量控制进行研究的文献如朱立龙等<sup>[3-4]</sup>、Baiman 等<sup>[5]</sup>主要是通过假设相关质量参数是确定的或者离散的来简化供应链质量控制模型建立的复杂性,这可能在一定程度上偏离或无法精确体现供应链质量控制的实际,尤其是对质量预防水平参数和质量检验水平参数的处理等. 本文在已有研究的基础上,考虑质量参数连续情况,假设质量参数服从一定的连续概率分布,将文献[3-4]的离散质量参数假设为服从指数分布的连续参数,改进其所建立的供应链质量控制模型,对比分析供应链质量控制的建模假设、建模过程及案例计算.

## 1 建模假设对比

文献[3-4]中所构建的供应链质量控制模型是由风险中性的制造商和购买商组成的供应链. 模型假设如下:①当制造商供给的产品质量合格时,购买商的质量评价系统将证实它,且购买商将提供一个前向支付金额  $H$ . ②当制造商供给的产品质量不合格时,若购买商的质量检验系统检验出缺陷产品,将拒收该产品并引致内部损失成本  $D_i$ ,制造商将为此提供价格折扣额  $D_d$ ;若购买商的质量评价系统未检验出缺陷产品而将其销售给顾客,将引致外部损失成本  $D_e$ ,制造商将为此提供外部损失比例  $k \in [0, 1]$ . ③购买商的质量检验系统不改变制造商所提供的产品的质量水平. ④制造商与购买商均是理性参与人,都追求自身期望收益的最大化. ⑤当制造商供给的产品质量合格时,购买商销售所有合格产品获得的收益为  $\Phi_{N1}$ ;当制造商供给的产品部分不合格时,若购买商未检验出不合格产品而销售所有产品获得的收益为  $\Phi_{N2}$ ,易知  $\Phi_{N1} > \Phi_{N2}$ ,若购买商检验出不合格产品时将拒收该产品,此时购买商销售剩余质量合格产品所获得的收益为  $\Phi_{N3}$ ,易知  $\Phi_{N1} > \Phi_{N3}$ . ⑥购买商发生外部损失时将导致声誉成本等大于发生内部损失时的缺货成本等,即  $\Phi_{N1} - \Phi_{N2} > \Phi_{N1} - \Phi_{N3}$ ,则  $\Phi_{N1} > \Phi_{N3} > \Phi_{N2}$ . 购买商发生内部损失时的成本应大于惩罚额,即  $\Phi_{N1} - \Phi_{N3} > D_i - D_e$ ,否则购买

商没有激励动机评价检验产品,其子博弈均衡总为拒收产品. ⑦制造商的质量预防水平为  $P_m \in [0, 1]$ ,制造商的质量预防成本函数为  $C_m = C_m(P_m, \theta_m)$ ,其中  $\theta_m \sim N(\mu_m, \sigma_m^2)$  为影响制造商产品质量预防成本的外生随机变量,  $C'_m(P_m) > 0$ ,  $C''_m(P_m) > 0$ . 当  $P_m > 0$  时,  $C_m(0) = C'_m(0) = 0$ ,  $C'_m(1) = \infty$ . 购买商的质量检验水平  $P_n \in [0, 1]$ ,购买商的质量检验成本函数为  $C_n = C_n(P_n, \theta_n)$ ,其中  $\theta_n \sim N(\mu_n, \sigma_n^2)$  为影响购买商检验成本的外生随机变量,  $C'_n(P_n) > 0$ ,  $C''_n(P_n) > 0$ . 当  $P_n > 0$  时,  $C_n(0) = C'_n(0) = 0$ ,  $C'_n(1) = \infty$ . 通过借鉴 Baiman 等<sup>[5]</sup>对质量预防成本函数和质量检验成本函数分别假定为  $C_B(\pi_B) = \frac{K_B}{2} \pi_B^2$ ,  $C(q) = \frac{K_q}{2} q^2$ , 其中,  $\pi_B$  为质量预防水平,  $q$  为质量检测水平,  $K_B, K_q$  均为待定系数,将制造商的质量预防成本函数设为  $C_m(P_m, \theta_m) = \frac{1}{2} K_m P_m^2 \theta_m^2$ , 购买商的质量检验成本函数设为  $C_n(P_n, \theta_n) = \frac{1}{2} K_n P_n^2 \theta_n^2$ ,  $K_m, K_n$  均为待定系数,并设  $K_m > 0$ ,  $K_n > 0$ .

考虑质量参数连续的情况,假设质量参数服从一定的连续概率分布,改变文献[3-4]中的假设⑤. 假设  $P_m$  服从指数分布,则  $P_m$  的概率密度函数可表示为

$$p_m(\alpha; \lambda_1) = \begin{cases} \lambda_1 e^{-\lambda_1 \alpha}, & \alpha \geq 0 \\ 0, & \alpha < 0 \end{cases}, P_m \text{ 的累计分布}$$

$$\text{函数为 } P_m(\alpha; \lambda_1) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda_1 \alpha}, & \alpha \geq 0 \\ 0, & \alpha < 0 \end{cases}. \text{ 假设 } \alpha \text{ 为影}$$

响制造商的质量预防水平  $P_m(\alpha; \lambda_1)$  的最主要因素,如投入制造仪器的精密程度等生产投入水平,  $\lambda_1 > 0$  是分布的一个参数. 假设  $C_m = C_m(P_m(\alpha; \lambda_1), \theta_m)$ ,  $C'_m(P_m(\alpha; \lambda_1)) > 0$ ,  $C''_m(P_m(\alpha; \lambda_1)) > 0$ . 当  $P_m(\alpha; \lambda_1) > 0$  时,  $C_m(0) = C'_m(0) = 0$ ,  $C'_m(1) = \infty$ . 同设  $P_n$  服从指数分布,则  $P_n$  的概率密度函数可表示为

$$p_n(\beta; \lambda_2) = \begin{cases} \lambda_2 e^{-\lambda_2 \beta}, & \beta \geq 0 \\ 0, & \beta < 0 \end{cases}, P_n \text{ 的累计分布函数为}$$

$$P_n(\beta; \lambda_2) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda_2 \beta}, & \beta \geq 0 \\ 0, & \beta < 0 \end{cases}. \text{ 假设 } \beta \text{ 为影响购买商}$$

的质量检验水平  $P_n(\beta; \lambda_2)$  的最主要因素,如投入检验仪器的精密程度等检验投入水平,  $\lambda_2 > 0$  是分布的一个参数. 假设  $C_n = C_n(P_n(\beta; \lambda_2), \theta_n)$ ,  $C'_n(P_n(\beta; \lambda_2)) > 0$ ,  $C''_n(P_n(\beta; \lambda_2)) > 0$ . 当  $P_n(\beta; \lambda_2) > 0$  时,  $C_n(0) = C'_n(0) = 0$ ,  $C'_n(1) = \infty$ . 其中制造商的质量预防成本函数设为  $C_m(P_m(\alpha; \lambda_1), \theta_m) = \frac{1}{2} K_m P_m^2(\alpha;$

$\lambda_1)\theta_n^0$ , 购买商的质量检验成本函数设为  $C_n(P_n(\beta; \lambda_2), \theta_n) = \frac{1}{2}K_n P_n^2(\beta; \lambda_2)\theta_n^0$ . 对于上述假设条件本文先假设其适用于实际中的供应链质量控制, 并通过案例计算对比进一步分析上述假设条件是否过强、是否真正适合于实际.

## 2 建模过程对比分析

文献[3-4]分别构建了对称信息条件下质量控制模型式(1)、制造商单边道德风险下质量控制模型式(2)~(4)及购买商单边道德风险下质量控制模型式(5)~(7).

$$\max_{P_m, P_n} E_{mm}(P_m, P_n) = \max_{P_m, P_n} \{ (1-P_n)(1-P_m)\Phi_{N2} + P_m\Phi_{N1} + (1-P_m)P_n\Phi_{N3} - C_m(P_m, \theta_m) - C_n(P_n, \theta_n) \} \quad (1)$$

$$\max_{P_n, k} E_n(P_n, k) = \max_{P_n, k} \{ (1-P_n)(1-P_m)[\Phi_{N2} + (1-k)D_d] + P_m\Phi_{N1} + P_n(1-P_m)[\Phi_{N3} + (D_i - D_e)] - H - C_n(P_n, \theta_n) \} \quad (2)$$

$$\text{s. t. (IR)} H - P_n(1-P_m)(D_i - D_e) - C_m(P_m, \theta_m) - (1-P_n)(1-P_m)(1-k)D_d \geq Q_m \quad (3)$$

$$\text{(IC)} P_m^{\text{NE}} = \arg \max_{P_m} \{ H - P_n(1-P_m)(D_i - D_e) - (1-P_n)(1-P_m)(1-k)D_d - C_m(P_m, \theta_m) \} \quad (4)$$

$$\max_{P_m, D_d} E_m(P_m, D_d) = \max_{P_m, k} \{ H - C_m(P_m, \theta_m) - (1-P_n)(1-P_m)(1-k)D_d - P_n(1-P_m)(D_i - D_e) \} \quad (5)$$

$$\text{s. t. (IR)} P_n(1-P_m)[\Phi_{N3} + (D_i - D_e)] - C_n(P_n, \theta_n) - H + P_m\Phi_{N1} + (1-P_n)(1-P_m)[\Phi_{N2} + (1-k)D_d] \geq Q_n \quad (6)$$

$$\text{(IC)} P_n^{\text{NE}} = \arg \max_{P_n} \{ P_n(1-P_m)[\Phi_{N3} + (D_i - D_e)] - H + P_m\Phi_{N1} + (1-P_n)(1-P_m)[\Phi_{N2} + (1-k)D_d] - C_n(P_n, \theta_n) \} \quad (7)$$

式中:  $E_{mm}(P_m, P_n)$  为供应链的联合期望收益,  $E_n(P_n, k)$  为购买商的期望收益,  $E_m(P_m, D_d)$  为制造商的期望收益,  $Q_m, Q_n$  分别为制造商和购买商的保留效用,  $P_m^{\text{NE}}, P_n^{\text{NE}}$  分别为制造商和购买商存在道德风险时的质量预防水平(子博弈 Nash 均衡解), IR 为个人理性约束条件, IC 为激励相容约束条件.

本文在质量参数连续的情况下构建对应的对称信息条件下质量参数连续的质量控制模型如式(8)、质量参数连续的制造商单边道德风险下质量控制模型如式(9)~(11)及质量参数连续的购买商单边道

德风险下质量控制模型如式(12)~(14).

$$\begin{aligned} \max_{P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2)} E_{mm}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2)) = \\ \max_{P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2)} \{ P_m(\alpha; \lambda_1)\Phi_{N1} + P_n(\beta; \lambda_2)(1-P_m(\alpha; \lambda_1))\Phi_{N3} - C_m(P_m(\alpha; \lambda_1), \theta_m) + (1-P_n(\beta; \lambda_2))(1-P_m(\alpha; \lambda_1))\Phi_{N2} - C_n(P_n(\beta; \lambda_2), \theta_n) \} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \max_{P_n(\beta; \lambda_2), k} E_n(P_n(\beta; \lambda_2), k) = \max_{P_n(\beta; \lambda_2), k} \{ P_m(\alpha; \lambda_1)\Phi_{N1} \cdot \\ (1-P_n(\beta; \lambda_2))(1-P_m(\alpha; \lambda_1))[\Phi_{N2} + (1-k)D_d] - H + P_n(\beta; \lambda_2)(1-P_m(\alpha; \lambda_1)) \cdot \\ [\Phi_{N3} + (D_i - D_e)] \} - C_n(P_n(\beta; \lambda_2), \theta_n) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{s. t. (IR)} H - (1-P_n(\beta; \lambda_2))(1-P_m(\alpha; \lambda_1))(1-k)D_d - P_n(\beta; \lambda_2)(1-P_m(\alpha; \lambda_1))(D_i - D_e) - C_m(P_m(\alpha; \lambda_1), \theta_m) \geq Q_m \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{(IC)} P_m^{\text{NE}}(\alpha; \lambda_1) = \arg \max_{P_m} \{ H - C_m(P_m(\alpha; \lambda_1), \theta_m) - (1-P_n(\beta; \lambda_2))(1-P_m(\alpha; \lambda_1))(1-k)D_d - \\ P_n(\beta; \lambda_2)(1-P_m(\alpha; \lambda_1))(D_i - D_e) \} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \max_{P_m(\alpha; \lambda_1), D_d} E_m(P_m(\alpha; \lambda_1), D_d) = \max_{P_n, k} \{ H - (1-P_n(\beta; \lambda_2))(1-P_m(\alpha; \lambda_1))(1-k)D_d - \\ C_m(P_m(\alpha; \lambda_1), \theta_m) - P_n(\beta; \lambda_2)(1-P_m(\alpha; \lambda_1))(D_i - D_e) \} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{s. t. (IR)} P_m(\alpha; \lambda_1)\Phi_{N1} - H - C_n(P_n(\beta; \lambda_2), \theta_n) + (1-P_n(\beta; \lambda_2))(1-P_m(\alpha; \lambda_1))[\Phi_{N2} + (1-k)D_d] + \\ P_n(\beta; \lambda_2)(1-P_m(\alpha; \lambda_1))[\Phi_{N3} + (D_i - D_e)] \geq Q_n \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{(IC)} P_n^{\text{NE}}(\beta; \lambda_2) = \arg \max_{P_n} \{ -H - C_n(P_n(\beta; \lambda_2), \theta_n) + (1-P_n(\beta; \lambda_2))(1-P_m(\alpha; \lambda_1))[\Phi_{N2} + (1-k)D_d] + \\ P_n(\beta; \lambda_2)(1-P_m(\alpha; \lambda_1)) \cdot [\Phi_{N3} + (D_i - D_e)] + P_m(\alpha; \lambda_1)\Phi_{N1} \} \end{aligned} \quad (14)$$

式中:  $E_{mm}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$  为供应链的联合期望收益,  $P_m(\alpha; \lambda_1) = 1 - e^{-\lambda_1 \alpha}, \alpha \geq 0, P_n(\beta; \lambda_2) = 1 - e^{-\lambda_2 \beta}, \beta \geq 0, E_n(P_n(\beta; \lambda_2), k)$  为购买商的期望收益,  $E_m(P_m(\alpha; \lambda_1), D_d)$  为制造商的期望收益,  $P_m^{\text{NE}}(\alpha; \lambda_1), P_n^{\text{NE}}(\beta; \lambda_2)$  分别为制造商和购买商存在道德风险时的质量预防水平(子博弈 Nash 均衡解).

建模过程的相同点为: ①二者均是为了构建对称信息条件下的质量控制模型. 即对购买商而言, 制造商的质量预防水平是已知的; 对制造商而言, 购买商的质量检验水平也是已知的; 不存在道德风险问题, 激励相容约束也不起作用, 委托代理问题可直接转化为供应链联合优化问题如式(1)和式(8)所示. ②二者均是为了构建制造商存在单边道德风险时的

质量控制模型. 即对购买商而言, 制造商的质量预防水平是未知的; 制造商为代理人, 拥有产品质量的私人信息, 其存在隐藏产品质量缺陷率的道德风险问题. 此时购买商为委托人, 设计激励合同, 此时可直接转化为购买商的质量控制问题如式(2)~(4)和(9)~(11)所示. ③二者均是为了构建购买商存在单边道德风险时的质量控制模型. 即对制造商而言, 购买商的质量检验水平是未知的; 购买商为代理人, 拥有产品质量的私人信息, 其存在夸大产品质量缺陷率的道德风险问题. 此时制造商为委托人, 设计激励合同, 此时可直接转化为制造商的质量控制问题如式(5)~(7)和式(12)~(14)所示.

建模过程的不相同点为: 文献[3-4]为了简化供应链质量控制模型建立的复杂性, 将制造商的质量预防水平和购买商的质量检验水平均视为离散情况, 这样方便求解制造商的最优质量预防水平、购买商的最优质量检验水平、制造商和购买商的子博弈 Nash 均衡解、道德风险值、信息租金、期望收益及联合期望收益. 而本文将制造商的质量预防水平和购买商的质量检验水平均视为连续情况, 且服从指数分布, 即  $P_m(\alpha; \lambda_1) = 1 - e^{-\lambda_1 \alpha}, \alpha \geq 0, P_n(\beta; \lambda_2) = 1 - e^{-\lambda_2 \beta}, \beta \geq 0$ , 这样  $P_m(\alpha; \lambda_1)$  和  $P_n(\beta; \lambda_2)$  已不再是假设的一些离散点, 而是随制造商的质量预防投入和购买商的质量检验投入变化而变化的连续函数, 同时更符合实际中的质量控制情况, 但无形中增加了模型建立、求解及计算的困难性和复杂性.

### 3 案例计算对比分析

引用文献[6]的实例作为本文的案例, 分别对本文与文献[3-4]构建的模型进行计算并进行对比分析. 案例: 上海某一大型零售企业销售一种日用品, 该日用品由上游制造商直接供货, 平均销售收益为每件 40 元, 当零售企业检验出产品缺陷时将引致每件 5 元的内部损失成本; 当零售企业没有检验出产品缺陷而将缺陷产品销售给顾客时, 顾客在使用该日用品后将一定会发现缺陷从而引致外部损失成本每件 10 元; 零售企业为获得该产品的销售, 将向上游制造商每件支付 20 元.

在此假设, 该大型零售企业销售合格日用品给顾客所获得收益为每件 60 元; 当上游制造商提供的日用品有缺陷且该大型零售企业的质量检验过程检测出缺陷, 所获得收益为每件 40 元; 当上游制造商提供的日用品有缺陷且该大型零售企业未检测出缺

陷而将该日用品销售给顾客, 所获得收益为每件 20 元; 上游制造商的质量预防成本系数  $K_m$  为 45 元·件<sup>-1</sup>, 该大型零售企业的质量检验成本系数  $K_n$  为 45 元·件<sup>-1</sup>; 不考虑外部随机因素的影响, 即  $\theta_m$  和  $\theta_n$  为 1, 当发生内部损失时上游制造商提供的价格折扣  $D_e$  为每件 5 元, 分摊比例  $k$  为 0.5.

将此案例运用文献[3-4]构建的模型计算, 结果如表 1、表 2 所示, 表中  $P_m^*$  为制造商的最优质量预防水平,  $P_n^*$  为购买商的最优质量检验水平,  $\Delta P_m$ ,  $\Delta P_n$  分别为制造商和购买商的道德风险值,  $\Delta E_{mx}$ ,  $\Delta E_{nx}$  为分别为制造商和购买商支付的“信息租金”.

表 1 制造商存在道德风险时决策的结果

Tab.1 Results in the case of moral risk on the manufacturer

$P_n$	$P_m^*$	$P_m^{NE}$	$\Delta P_m$	$E_m(P_m, D_d)$	$E_n(P_n, k)$	$\Delta E_{mx}$	$E_{mn}(P_m, P_n)$
0	0.89	0.11	0.78	1.67	36.11	27.22	37.78
0.10	0.84	0.10	0.74	3.26	34.56	24.94	37.82
0.20	0.80	0.09	0.71	4.80	32.70	22.76	37.50
0.30	0.76	0.08	0.68	6.30	30.52	20.67	36.82
0.40	0.71	0.07	0.64	7.76	28.02	18.69	35.78
0.50	0.67	0.06	0.61	9.17	25.21	16.81	34.37
0.60	0.62	0.04	0.58	10.53	22.08	15.02	32.61
0.70	0.58	0.03	0.54	11.86	18.63	13.34	30.49
0.80	0.53	0.02	0.51	13.13	14.87	11.76	28.00
0.90	0.49	0.01	0.48	14.37	10.79	10.27	25.15
1.00	0.44	0	0.44	15.56	6.39	8.89	21.94

表 2 购买商存在道德风险时决策的结果

Tab.2 Results in the case of moral risk on the buyer

$P_m$	$P_n^*$	$P_n^{NE}$	$\Delta P_n$	$E_m(P_m, D_d)$	$E_n(P_n, k)$	$\Delta E_{nx}$	$E_{mn}(P_m, P_n)$
0	0.44	0.33	0.11	17.22	7.22	0.56	24.44
0.10	0.40	0.29	0.10	17.07	10.30	0.45	27.38
0.20	0.36	0.24	0.09	16.52	13.42	0.36	29.94
0.30	0.31	0.20	0.08	15.56	16.59	0.27	32.15
0.40	0.27	0.16	0.07	14.20	19.80	0.20	34.00
0.50	0.22	0.11	0.06	12.43	23.06	0.14	35.49
0.60	0.18	0.07	0.04	10.26	26.36	0.09	36.61
0.70	0.13	0.02	0.03	7.68	29.70	0.05	37.38
0.80	0.09	-0.02	0.02	4.69	33.09	0.02	37.78
0.90	0.04	-0.07	0.01	1.30	36.52	0.01	37.82
1.00	0	-0.11	0	-2.50	40.00	0	37.50

将此案例运用本文建立的质量参数连续下的质量控制模型通过 MATLAB7.0 软件进行仿真计算, 结果如图 1、图 2 所示.

文献[3-4]通过给定  $P_n$  为 0, 0.1, 0.2, ..., 1.0 共 11 个离散点分别计算出  $P_m^*$ ,  $P_m^{NE}$ ,  $\Delta P_m$ ,  $E_m(P_m, D_d)$ ,  $E_n(P_n, k)$ ,  $\Delta E_{mx}$ ,  $E_{mn}(P_m, P_n)$ , 通过给定  $P_m$  为 0, 0.1, 0.2, ..., 1.0 共 11 个离散点分别计算出  $P_n^*$ ,  $P_n^{NE}$ ,  $\Delta P_n$ ,  $E_m(P_m, D_d)$ ,  $E_n(P_n, k)$ ,  $\Delta E_{nx}$ ,

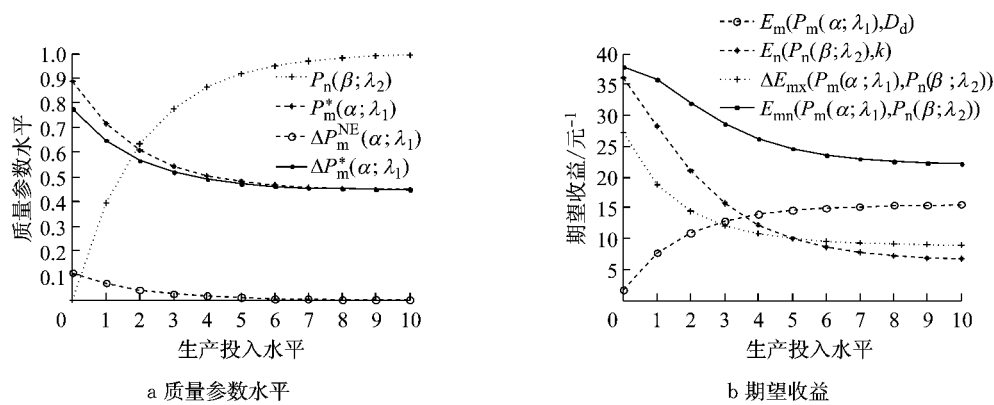


图 1 制造商存在道德风险时决策的输出结果

Fig.1 Output in the case of moral risk on the manufacturer

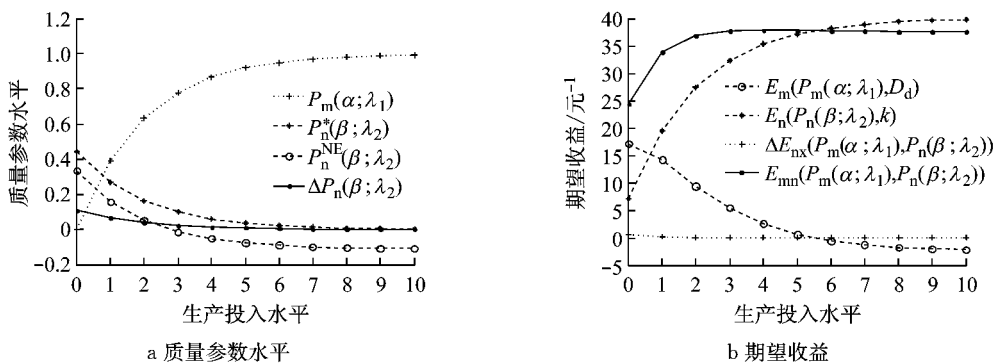


图 2 购买商存在道德风险时决策的输出结果

Fig.2 Output in the case of moral risk on the buyer

$E_{mn}(P_m, P_n)$ . 上述计算结果均是以 11 个离散点为依据求解出来的离散值。

本文假设  $P_n(\beta; \lambda_2)$  和  $P_m(\alpha; \lambda_1)$  均服从指数分布, 随着质量检验和预防投入水平的变化而连续变化, 以这些连续变化情况为计算依据运用 MATLAB 7.0 软件编程计算出了  $P_m^*(\alpha; \lambda_1)$ ,  $P_m^{NE}(\alpha; \lambda_1)$ ,  $\Delta P_m(\alpha; \lambda_1)$ ,  $E_m(P_m(\alpha; \lambda_1), D_d)$ ,  $\Delta E_{mx}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$ ,  $E_n(P_n(\beta; \lambda_2), k)$ ,  $E_{mn}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$ ,  $P_n^*(\beta; \lambda_2)$ ,  $P_n^{NE}(\beta; \lambda_2)$ ,  $\Delta P_n(\beta; \lambda_2)$ ,  $E_n(P_n(\beta; \lambda_2), k)$ ,  $\Delta E_{nx}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$ ,  $E_m(P_m(\alpha; \lambda_1), D_d)$ ,  $E_{mn}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$ 。

根据表 1~2 的计算结果可以得出与文献[3-4]相同的结论: 当制造商质量预防水平隐匿时, 随着购买商质量检验水平的提高, 制造商的质量预防水平减小, 其道德风险值降低, 此时作为委托人的购买商支付的“信息租金”和期望收益显著减少, 作为代理人的制造商所获得的期望收益增加, 但整个供应链的联合期望收益减少; 当购买商质量检验水平隐匿时, 随着制造商质量预防水平的提高, 购买商的质量检验水平减小, 其道德风险值降低, 此时作为委托人的制造商支付的“信息租金”和期望收益显著减少, 作为代理人的购买商所获得的期望收益增加, 但整

个供应链的联合期望收益增加。

根据图 1、图 2 知: 当制造商质量预防水平隐匿时, 随着购买商检验仪器精密程度等投入水平的提高,  $P_n(\beta; \lambda_2)$  先快速上升, 再缓慢上升, 总体保持持续上升状态; 当其增加到 0.95 时, 即使购买商花费更大的成本去提高检验仪器精密程度等, 也难以使其质量检验水平提高得更快;  $P_m^*(\alpha; \lambda_1)$  逐渐减少, 先较快下降, 再缓慢下降, 但其下降的幅度比  $P_n(\beta; \lambda_2)$  上升的幅度小很多;  $P_m^{NE}(\alpha; \lambda_1)$  及  $\Delta P_m(\alpha; \lambda_1)$  也相应地降低;  $\Delta E_{mx}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$  和  $E_n(P_n(\beta; \lambda_2), k)$  先显著减少, 再缓慢减少, 变化幅度与  $P_n(\beta; \lambda_2)$  上升的幅度一致, 作为代理人的制造商所获得的期望收益先显著增加, 再缓慢增加, 变化幅度与  $P_n(\beta; \lambda_2)$  上升的幅度一致, 但  $E_{mn}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$  先显著减少, 再缓慢减少。当购买商质量检验水平隐匿时, 随着制造商制造仪器的精密程度等投入水平的提高,  $P_m(\alpha; \lambda_1)$  先快速上升, 再缓慢上升, 总体保持持续上升状态, 当其增加到 0.95 时, 即使制造商花费更大的成本去提高制造仪器精密程度等, 也难以使其质量预防水平提高得更快;  $P_n^*(\beta; \lambda_2)$  逐渐减少, 先下降得较快, 再缓慢下降, 但其下降的幅度比  $P_m(\alpha; \lambda_1)$  上升的幅度小很多;  $P_n^{NE}(\beta; \lambda_2)$  及

$\Delta P_n(\beta; \lambda_2)$ 也相应降低; $\Delta E_{mx}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$ 先显著减少,再缓慢减少,变化幅度比 $P_m(\alpha; \lambda_1)$ 上升的幅度小; $E_m(P_m(\alpha; \lambda_1), D_d)$ 先显著减少,再缓慢减少,变化幅度与 $P_m(\alpha; \lambda_1)$ 上升的幅度一致,作为代理人的购买商所获得的期望收益先显著增加,再缓慢增加,变化幅度与 $P_m(\alpha; \lambda_1)$ 上升的幅度一致,但 $E_{mx}(P_m(\alpha; \lambda_1), P_n(\beta; \lambda_2))$ 先显著增加,再缓慢增加。

通过2种模型的计算验证知:质量参数离散情况下的供应链质量控制模型主要针对一些特殊离散点的期望收益,如针对案例,假设质量预防或检验水平分别为0,0.1,0.2,...,1.0等离散点,研究它们每上升10%对应的期望收益和“信息租金”等的变化情况。这些离散点的变化表明:当制造商存在单边道德风险时,购买商额外支付的“信息租金”和期望收益减少;当购买商存在单边道德风险时,制造商额外支付的“信息租金”和期望收益减少。因此,在实际质量控制中,制造商和购买商应分别努力提高其产品质量预防和检验水平,以降低彼此额外支付的“信息租金”,进而减少整个供应链期望收益的损失。

本文构建的质量参数连续情况下的供应链质量控制模型主要针对质量预防或检验水平连续变化情况下的质量控制,假设它们分别服从指数分布,可以通过MATLAB7.0软件编程计算展现出的连续图形来控制每个细微(可以是1%或甚至更细小)变化过程中对应的期望收益和“信息租金”等的变化情况,其在保持总体下降的趋势下,先显著减少,再缓慢减少。可以依据此相对精确的变化趋势,根据制造商和购买商分别想要达到的期望收益目标,尽可能精确地来确定它们应该达到的质量预防或检验水平,进而对相应的投入进行控制。同时,也进一步验证了本文将质量参数假设为连续分布的情况是可以用于实际中的,实际中制造商的质量预防水平和购买商的质量检验水平分别随对应投入不同而变化的趋势近似服从指数分布。因此,本文模型的假设条件也是适用于实际的。

## 4 结论

针对供应链质量控制中的不确定性问题,通过改进已有的质量参数离散情况下的供应链质量控制模型为质量参数连续情况下的供应链质量控制模

型,并通过对二者进行对比分析,以降低供应链质量控制的不确定性,以使供应链质量控制模型更精确地反映实际情况,服务于实际。通过质量参数连续情况下和离散情况下供应链质量控制模型构建假设的对比、建模过程的对比、案例计算的对比表明:质量参数连续情况下的供应链质量控制决策比质量参数离散情况下的供应链质量控制决策更能精确地反映实际情况,降低了供应链质量控制的不确定性,同时质量参数连续情况下的供应链质量控制模型针对质量参数每个细微的变化值可以计算出其所对应的质量控制情况,可以很好地应对不同的质量预防水平和质量检验水平,快速地提供质量控制决策。在质量参数连续情况下构建的质量控制模型更能全面地反映企业的实际情况,虽然同时也增加了模型构建和求解的复杂性,但其能更好地支持企业的质量控制决策。同时说明了实际中质量预防水平和检验水平分别随对应投入不同而变化的趋势近似服从指数分布,可以为制造商决策最优质量预防投入及购买商决策最优质量检验投入提供支持和依据。

## 参考文献:

- [1] Christopher M L. Logistics and supply chain management: strategies for reducing costs and improving services [M]. London: Financial Times Prentice Hall, 1992.
- [2] Diane J R, Charles S T. Contract design and the control of quality in a conflictual environment [J]. European Journal of Operational Research, 1995, 82: 373.
- [3] 朱立龙, 尤建新. 非对称信息供应链道德风险策略研究[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(11): 2503.  
ZHU Lilong, YOU Jianxin. Supply chain moral hazard strategy under asymmetric information condition [J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2010, 16(11): 2503.
- [4] 尤建新, 朱立龙. 存在道德风险条件下供应链质量控制策略研究[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2010, 38(7): 1092.  
YOU Jianxin, ZHU Lilong. Supply chain quality control strategy under condition of moral hazard [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2010, 38(7): 1092.
- [5] Baiman S, Fischer P E, Rajan M V. Performance measurement and design in supply chains [J]. Management Science, 2001, 47(1): 173.
- [6] 朱立龙. 供应链节点企业间产品质量控制策略研究[D]. 上海: 同济大学, 2011.  
ZHU Lilong. Research on products quality control strategy of node-enterprises in supply chain [D]. Shanghai: Tongji University, 2011.