

# 供应链应收账款融资和商业信用联合决策研究

占济舟<sup>1</sup>, 张福利<sup>1</sup>, 赵佳宝<sup>2</sup>

(1. 南京审计学院管理学院, 江苏 南京 211815; 2. 南京大学工程管理学院, 江苏 南京 210093)

**摘要:** 在由单一制造商和单一零售商构成的二级供应链中, 当制造商生产资金受到约束, 但仍为零售商提供商业信用时, 从供应链内部企业利益最大化角度出发, 建立了随机需求下的供应链决策模型. 分别给出了供应链在分散决策和集中决策下, 制造商愿意采用应收账款进行融资的条件, 得到了供应链的最优产量和系统利润. 通过算例, 对比分析了两种决策下的供应链产量和系统利润的变化情况. 研究表明: 相对分散决策而言, 集中决策下制造商更愿意采用应收账款进行融资; 在制造商接受应收账款融资的前提下, 对于销售周期短的产品, 当制造商给予零售商一定商业信用期时, 供应链在分散决策下的系统利润将大于集中决策下的利润. 反之, 对于销售周期长的产品, 供应链在集中决策下的利润更大.

**关键词:** 供应链; 应收账款融资; 商业信用; 分散决策; 集中决策

中图分类号: F253.2; F224

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2014)03-0384-10

## Research on decision-making with supply chain accounts receivable financing combined trade credit

Zhan Jizhou<sup>1</sup>, Zhang Fuli<sup>1</sup>, Zhao Jiabao<sup>2</sup>

(1. School of Management, Nanjing Audit University, Nanjing 211815, China;

2. School of Management and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** In a two-level supply chain consisted of one manufacture and one retailer, when manufacture is short of production capital, but still provides trade credit to the retailer, from the view of maximizing the profits of enterprises in supply chain, this paper constructed a decision-making model for supply chain under random demand. For supply chain decentralized decision and centralized decision, the conditions that manufacture is willing to take accounts receivable financing are given, the supply chain's optimal production output and system profit are presented respectively. Through numerical analysis, this paper analyzed the variations of supply chain's output and profit. Our research shows that compared to decentralized decision, the manufacture prefers to take accounts receivable financing in centralized decision. Based on the manufacture's acceptance of accounts receivable financing, as for products with short sales cycles, when manufacture gives retailer some trade credit term, the supply chain's profit will be larger in decentralized decision than in centralized decision. On the contrary, as for products with long sales cycles, the supply chain's profit will be larger in centralized decision.

**Key words:** supply chain; accounts receivable financing; trade credit; decentralized decision; centralized decision

## 1 引言

随着经济全球一体化的发展以及市场竞争国际化的日益加剧, 资金约束是各大中小型企业甚至国际大

收稿日期: 2012-10-09; 修订日期: 2013-05-06.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70973088; 70971063); 教育部规划基金资助项目(12YJA630183); 国家科技支撑计划资助项目(2012bah13f03); 江苏省教育厅2013年高校哲学社会科学基金项目(2013SJD630035).

型企业普遍面临的问题. 资金约束不仅导致企业自身经营出现困难, 还直接影响企业所在供应链的绩效和竞争能力, 甚至社会经济的稳定发展. 因此, 如何为企业提供有效的融资服务, 实现其最优的运营决策, 为资金约束供应链创造新的价值是供应链金融研究中的重要课题.

商业信用是企业在销售产品时为客户提供一定延迟付款期限而产生的一种赊销模式. 当买方受采购资金约束时, 卖方为买方提供一定的商业信用, 延缓买方的付款时间, 从而达到缓解购买方资金压力的目的, 这种商业信用也称为一种供应链内部融资服务模式<sup>[1]</sup>. 目前, 商业信用正在越来越多地被采用, 也得到了众多学者的广泛关注. 自从1985年, Goyal<sup>[2]</sup>首次将商业信用引入经济订购批量(EOQ)模型中以来, Fisman等<sup>[3]</sup>, Ge等<sup>[4]</sup>都论证了商业信用在激励零售商销售, 扩大产品市场占有率等方面起着积极作用. 对购买方来说是一种重要的融资方式. Teng等<sup>[5]</sup>, Ho<sup>[6]</sup>针对供应商为零售商, 零售商为消费者均提供商业信用这一实际情况, 提出了供应链的两级商业信用模型. Mahata<sup>[7]</sup>建立了经济生产模型(EPQ)和两级商业信用框架下, 易逝品的最优采购模型.

然而, 在上述商业信用模型中, 均不考虑供应商的资金不充足这一问题. 赊销使下游企业向上游企业进行资金挤压, 导致供应商延迟购买原材料, 缩短生产存货, 相应地推迟交货时间, 从而给供应链的持续运营带来风险<sup>[8]</sup>. 而缩短买方的付款期限, 又反过来损害了买方的利益. 因此, 供应商通常寻求银行或金融机构的融资服务, 以保证自身正常的生产运营.

近年来, 国内外关于供应链金融与企业运营决策相结合的研究成果已日益丰富. Buzacott等<sup>[9]</sup>首次研究了基于资产的融资和生产库存相结合的决策问题, 给出了银行和零售商的主从对策. Xu等<sup>[10]</sup>建立了资金约束下的企业生产决策模型. Li等<sup>[11]</sup>提出了物流和资金流相互结合的动态模型. Raghavan等<sup>[12]</sup>研究了银行同时为供应链上下游企业提供融资服务, 当供应链上某一个企业初始资金足够少时, 上下游企业联合决策下的供应链绩效可达到最优. Dada等<sup>[13]</sup>建立了资金约束的报童模型. 陈祥锋等<sup>[14]</sup>给出了供应链外部融资模式下, 竞争型金融机构的利率决策、零售商的订货决策以及供应商的定价决策. 屠惠远等<sup>[15]</sup>分别以生产商和银行作为供应链上的领导者, 研究了供应链的最优融资和生产决策策略. 陈祥锋等<sup>[16]</sup>还探讨了第三方物流企业在供应链融资过程中的不同角色和作用. 在实践中, 企业通常根据自身特点选择合适的融资方式和金融产品, 如: 仓单质押、预付款、保兑仓及应收账款等<sup>[8]</sup>. 然而, 从现有的研究成果来看, 针对不同融资方式进行研究的文献还不多见. 张媛媛等<sup>[17]</sup>、马中华等<sup>[18]</sup>都讨论了仓单质押融资方式下的企业决策问题. 晏妮娜等<sup>[19]</sup>针对仓单质押这一融资模式, 给出了制造商、零售商和商业银行在信用额度融资方案下各自的最优决策. 鲁其辉等<sup>[20]</sup>基于应收账款融资方式, 建立了供应链上下游企业和银行的多阶段决策模型.

目前, 围绕供应链核心企业的上游制造商大多属于中小企业, 由于这些企业普遍存在可供抵押资产少、信用较低等问题, 难以向银行提供存货质押. 而应收账款融资以企业自身的应收账款作为债务履行担保, 银行通过评估这笔交易背景的真实性等向企业授信, 这种灵活便捷的方式赢得了中小企业的青睐. 在实际市场竞争环境下, 制造商在获得应收账款融资服务的同时, 仍会向下游买家提供商业信用. Vanhoren<sup>[21]</sup>对来自世界42个国家中的18000家公司进行调查, 发现了这一现象. Kouvelis等<sup>[22]</sup>从理论上对这种实际现象进行了解释, 但未详细探讨银行融资服务和商业信用相结合时企业的运营决策问题.

本文即是考虑这种实际情形, 在单一制造商和单一零售商构成的二级供应链系统中, 研究随机需求环境下, 应收账款融资服务和商业信用相结合时, 供应链的最优决策问题.

## 2 问题描述与假设

### 2.1 问题描述

本文考虑一个由单一制造商和单一“报童型”零售商构成的供应链系统. 为满足零售商的订购需求 $q$ , 当制造商自有资金受到约束时( $B < c_m q$ ), 制造商将就“是否向银行借贷?”进行决策. 若制造商不向

银行借贷,那么将利用自有资金进行生产,假若生产量  $Q = B/c_m < q$ ,同时给零售商一定的商业信用期  $M$ ,当  $M$  大于一定范围时,制造商将不能赢利,此时制造商选择不生产,实际产量为零.若制造商向银行借贷,那么他将向零售商的应收账款  $wq$  向主要金融信贷机构(本文主要指“银行”)提供质押担保,银行根据对所质押的应收账款进行评估后,向制造商发放应收账款账面金额一定比例的贷款  $\lambda wq$ ,作为制造商的短期流动资金.制造商获得资金支持后进行生产(生产时间  $kq$ ),一次性向零售商提供订购货品,并给零售商一定的商业信用期  $M$ ,待信用期满时,零售商向银行偿还贷款本金  $\lambda wq$ ,制造商偿还贷款利息  $\lambda wqr(kq + M)$ .

本文研究的基于应收账款融资和商业信用相结合的供应链系统框架如图1所示.

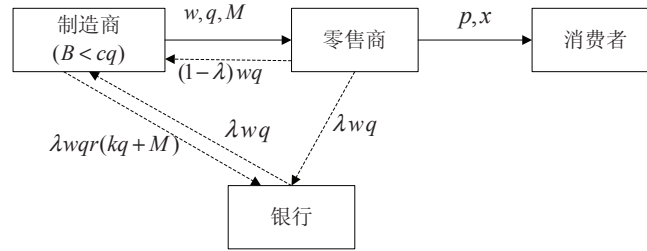


图1 基于应收账款融资和商业信用相结合的供应链系统框架

Fig. 1 Framework of supply chain system based on accounts receivable financing combined with trade credit

从制造商获得融资金额开始,到偿还贷款本金和利息这一期间,供应链上节点企业主要活动的时间顺序如图2所示.

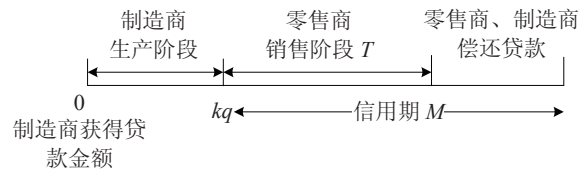


图2 供应链上节点企业主要活动的时间顺序

Fig. 2 Time sequence of the enterprises' main activities in supply chain

## 2.2 模型假设

以下对所建立的模型及模型中使用的主要符号进行假设.

- 1) 制造商、零售商和银行之间均具有完全信息,即信息对称,且三者均为风险中性者;
- 2) “报童型”零售商在销售周期前订货,且只有一次订货机会;
- 3) 制造商的产品中没有瑕疵品,且一次性向零售商发货;
- 4) 当零售商出现缺货时,单位产品的缺货损失费用为零;
- 5) 制造商给予零售商的商业信用不小于销售周期,且信用期满时,零售商不拖延付款;
- 6) 制造商赢利小于零,说明制造商亏损,本文不考虑制造商出现亏损的风险.

文中使用的主要符号如下:

$p, w, v, c_m$  为单位商品的零售价格、批发价格、残值以及生产成本,均为固定的外生变量且  $p > w > v > c_m$ ;  $c_r$  为单位商品的订购成本;  $D$  为商品的市场随机需求量且  $D \in [0, a]$ ,  $a$  为该商品的最高需求量,概率密度函数和分布函数分别为  $f(\cdot)$  和  $F(\cdot)$ ,且  $F(\cdot)$  连续,  $F(0) = 0, F(a) = 1$ ;  $q$  为零售商依据商业信用决定的订购量;  $Q$  为制造商的产量,即供应链的产量;  $B$  为制造商的自有资金,且  $B < c_m q$ ;  $k$  为单位商品的生产时间,为一常数且  $k < 1$ ;  $T$  为零售商销售周期,为一固定常数;  $M$  为制造商给予零售商的商业信用期,为一常数且  $M \geq T$ ;  $\lambda$  为制造商所获得的信用额度,即融资比例,  $\lambda \in [0, 1]$ ;  $r$  为银行的贷款利率,为一固定常数且大于市场的无风险利率;  $I_r, I_m$  分别为零售商和制造商的机会收益利率,若  $I_m \geq r$ ,则制造商将所获得的贷

款金额全部用于投资而非生产, 因此假设  $I_m < r$ ;  $\pi_r, \pi_m$  分别为零售商、制造商的利润函数;  $\pi_I$  为供应链系统利润函数; 1, 2 作为标号, 分别表示供应链分散决策和集中决策下的变量.

### 3 基于应收账款融资和商业信用相结合的供应链决策模型

#### 3.1 供应链分散决策

在制造商寻求融资服务前, 零售商利用报童模型向制造商发出采购订单, 在已知制造商给予商业信用的前提下, 零售商的利润函数

$$\pi_r(q) = \begin{cases} pq(1 + I_r(M - T)) - wq - c_r q, & q < D \\ pD(1 + I_r(M - T)) + v(q - D) - wq - c_r q, & q \geq D, \end{cases} \quad (1)$$

可得零售商的期望利润为

$$E[\pi_r(q)] = (p(1 + I_r(M - T)) - w - c_r)q - (p(1 + I_r(M - T)) - v) \int_0^q F(x)dx. \quad (2)$$

由于  $\frac{d^2 E\pi_r(q)}{dq^2} = -(p(1 + I_r(M - T)) - v)f(q) < 0$ , 所以, 可得零售商的最优订购量

$$q^* = F^{-1} \left( 1 - \frac{w + c_r - v}{p(1 + I_r(M - T)) - v} \right), \quad (3)$$

可见, 零售商的最优订购量与融资比例  $\lambda$  无关, 仅与信用期  $M$  有关. 并且, 因  $F(\cdot)$  为一连续可导的递增函数, 所以, 式(3)表明零售商的最优订购量是信用期  $M$  的单调递增函数.

对于制造商而言, 若选择生产量为  $q^*$ , 那么受生产资金约束, 需向银行借贷, 支付贷款利息; 若仅用自有资金进行生产, 那么产量小于  $q^*$ , 但不必支付银行利息. 因此, 制造商应对“是否向银行申请应收账款融资服务”进行决策.

若制造商向银行申请融资, 那么, 在接受银行提供的应收账款融资服务后, 制造商按订单生产(即  $Q = q^*$ ), 在信用期到期时, 偿还银行贷款利息. 此时, 制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m &= (1 - \lambda)wq^* + (B + \lambda wq^* - c_m q^*)(1 + I_m(kq^* + M)) - \\ &\quad \lambda wq^* r(kq^* + M) - B(1 + I_m(kq^* + M)) \\ &= -(\lambda w(r - I_m) + c_m I_m)kq^{*2} + (w - c_m - M(\lambda w(r - I_m) + c_m I_m))q^*, \end{aligned} \quad (4)$$

其中第一项为零售商支付现金, 第二项为制造商将剩余融资金进行投资所获得的机会收益, 第三项为偿还给银行的利息, 第四项为自有资金获得的机会收益.

由于  $\frac{d\pi_m}{d\lambda} = -w(r - I_m)kq^{*2} - Mw(r - I_m)q^* < 0$ , 所以, 对于制造商来说, 融资比例越大, 利润越少. 因此, 当融资比例  $\lambda$  满足  $B + \lambda wq^* = c_m q^*$  时, 制造商获得最大利润为  $\pi_m = (w - c_m)q^* - (r(c_m q^* - B) + BI_m)(kq^* + M)$ . 可见, 当制造商给定的信用期  $M$  越大,  $q^*$  越大, 制造商从零售商处获得的收益也越大, 同时, 支付给银行的利息及损失的机会收益也越多.

假若制造商不向银行申请应收账款融资服务, 则制造商的生产量  $Q = B/c_m$ , 显然  $B/c_m < q^*$ . 利润为  $\bar{\pi}_m = (w - c_m)B/c_m - B(1 + I_m(kB/c_m + M))$ . 因此, 若  $\pi_m > \bar{\pi}_m$  时, 制造商才愿意采用应收账款进行融资.

令  $G(M) = \pi_m - \bar{\pi}_m = (w - c_m)(q^* - B/c_m) + B(1 - I_m k(q^* - B/c_m)) - r(c_m q^* - B)(kq^* + M)$ . 由于  $\lim_{M \rightarrow +\infty} q^* = \lim_{M \rightarrow +\infty} F^{-1}(1) = a$ , 所以,  $\lim_{M \rightarrow +\infty} G(M) = \lim_{M \rightarrow +\infty} (w - c_m)(a - B/c_m) + B(1 - I_m k(a - B/c_m)) - r(c_m a - B)(ka + M) = -\infty$ .

假设  $G(T) \geq 0$ , 则  $G(M) = 0$  在  $M \in [T, +\infty)$  上至少存在一个根  $M_0$ . 并且在  $[T, +\infty)$  上, 分别存在  $M$  的某个范围使得  $G(M) > 0$  和  $G(M) \leq 0$  成立.

当  $G(M) > 0$  时, 制造商将应收账款单向银行进行抵押, 获得银行的贷款. 当  $G(M) \leq 0$  时, 制造商将只利用自有资金进行生产. 因此, 制造商的生产量(即供应链的产量)为

$$Q = \begin{cases} q^*, & G(M) > 0 \\ B/c_m, & G(M) \leq 0. \end{cases} \quad (5)$$

当制造商选择采取应收账款进行融资(即  $G(M) > 0$ )时, 零售商可实现其最优订购量  $q^*$ (即  $q = q^*$ ); 当制造商选择利用自有资金进行生产(即  $G(M) \leq 0$ )时, 零售商不能实现其最优的订购量  $q^*$ ,  $q = B/c_m <$

$q^*$ , 因此, 分散决策下, 零售商的订购量  $q = \begin{cases} q^*, & G(M) > 0 \\ B/c_m, & G(M) \leq 0. \end{cases}$ ,  $q = Q$ , 利润为  $E[\pi_r(q)]$ .

制造商的利润为  $\Pi_m = \begin{cases} \pi_m, & G(M) > 0 \\ \bar{\pi}_m, & G(M) \leq 0. \end{cases}$  为了更好地说明零售商、制造商的利润随信用期的变化情况, 以下用算例进行数值分析.

**例 1** 假设某一商品的市场需求服从  $[0, 2000]$  上的均匀分布,  $p = 200, w = 100, c_m = 40, c_r = 10, v = 50, I_r = 0.04, I_m = 0.02, r = 0.09, k = 10^{-3}, T = 10, B = 10000$ . 制造商给予零售商一定的商业信用期  $M$ .

经计算得, 制造商的生产量为  $Q = \begin{cases} q^*, & G(M) > 0 \\ 250, & G(M) \leq 0. \end{cases}$ , 其中  $q^* = F^{-1}\left(1 - \frac{60}{150 + 8(M - 10)}\right)$ ,  $G(M) = 60(q^* - 250) + 10^4(1 - 2 \times 10^{-5}(q^* - 250)) - 0.09(40q^* - 10^4)(10^{-3}q^* + M)$ , 且最优的融资比例为  $\lambda = 0.4 - 100/q^*$ . 相应地, 供应链的产量、零售商的期望利润、制造商的最大利润随信用期  $M$  的变化趋势, 如图 3 所示.

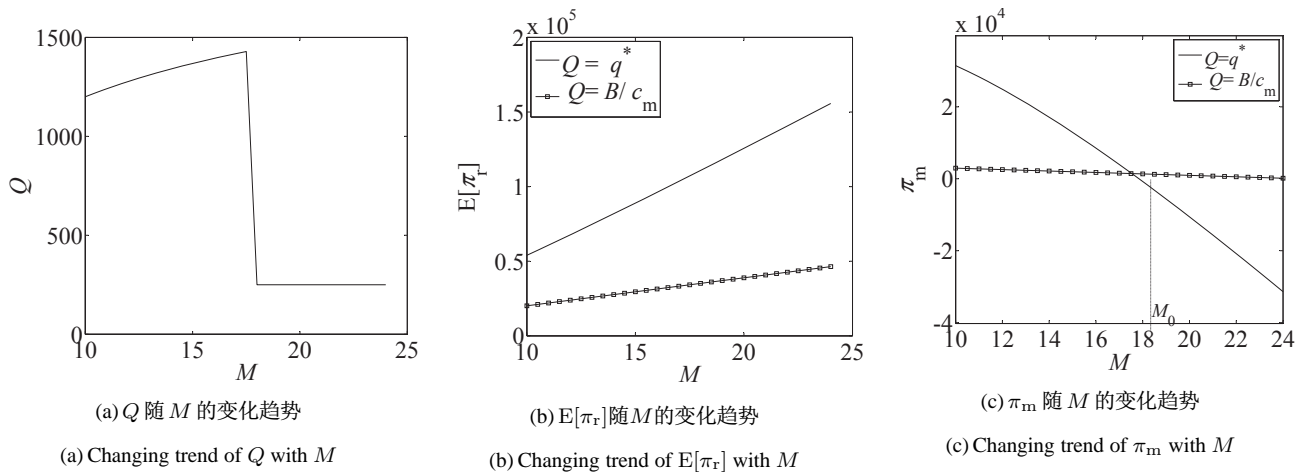


图 3 供应链的产量、零售商的期望利润以及制造商的最大利润随信用期  $M$  的变化趋势

Fig. 3 Changing trends of supply chain's production quantity, retailer's expected profit and manufacture's profit with trade item  $M$

从图 3(a)可以看出, 当制造商选择应收账款融资服务时, 满足零售商的最优订购量  $q^*$ , 且信用期越长, 制造商的生产量越大, 但当信用期超过某一期限时, 制造商利用自有资金生产, 产量小于  $q^*$ . 从图 3(b)可知, 无论制造商是否选择应收账款融资服务, 零售商的期望利润始终随信用期  $M$  的增大而增大; 显然, 相比  $Q = B/c_m$  而言, 当  $Q = q^*$  时, 零售商的利润更大. 从图 3(c)可以看出, 制造商的利润随信用期  $M$  的增大而减少. 并且, 在给予零售商一定商业信用( $M > M_0$ )的前提下, 制造商的生产资金虽然受到约束, 但其并非

愿意将应收账款向银行进行抵押而获得贷款,这主要是因为制造商承受的银行利息压力过大,导致利润降低,无法满足零售商的最优订购量要求。

### 3.2 供应链集中决策

供应链上游企业和下游企业进行合作时,共同就供应链整体利益最大化进行决策。此时,零售商的订购量  $q$  即为制造商的生产量  $Q$  (即  $q = Q$ )。当制造商出现资金约束时,寻求银行的融资服务,那么,银行将上下游企业视为整体,对整个供应链系统进行融资。此外,在供应链集中决策下,制造商和零售商融为一体,制造商给零售商的信用期  $M$  即为产品的销售期  $T$ 。因此,供应链在综合考虑银行给予的融资比例和自身销售期的基础上,决定生产量。同式(2)和式(4)的推导可得,零售商和制造商的利润函数分别为

$$E[\pi_r(Q)] = (p - w - c_r)Q - (p - v) \int_0^Q F(x)dx, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \pi_m(Q) = & (1 - \lambda)wQ + (B + \lambda wQ - c_m Q)[1 + I_m(kQ + T)] - \\ & \lambda wQr(kQ + T) - B[1 + I_m(kQ + T)]. \end{aligned} \quad (7)$$

由式(6)和式(7)可得,供应链在集中决策下的决策模型为

$$\begin{cases} \text{Max } \pi_1(Q) = E\pi_r(Q) + \pi_m(Q) = [p - c_r - c_m - c_m I_m(kQ + T)]Q + \\ \quad \lambda wQ(I_m - r)(kQ + T) - (p - v) \int_0^Q F(x)dx \\ \text{s.t. } B + \lambda wQ \geq c_m Q, \lambda \in [0, 1]. \end{cases} \quad (8)$$

从式(8)可以看出,利润函数中与  $\lambda$  相关项为  $\lambda wQ(I_m - r)(kQ + T)$ ,由于制造商的机会收益率  $I_m$  小于银行的贷款利率  $r$ ,因此,要使得利润达到极大, $\lambda$  应取其最小值。为保证正常的生产资金,  $c_m - B/Q \leq \lambda w$ 。因此, $\lambda$  的最小取值满足  $B + \lambda wQ = c_m Q$ 。也就是说,供应链集中决策下的贷款金额将全部用于生产,没有剩余资金进行再投资。

**命题 1** 在供应链集中决策下,当系统参数值同时满足条件

$$1) p - c_r - c_m(1 + rT) - kB(r + I_m) - (p - v)F(B/c_m) \geq 0;$$

2)  $v - c_r - c_m(1 + rT) + kB(r - I_m) - 2kc_mra \leq 0$ ; 时,供应链系统利润  $\pi_1(Q)$  在  $Q = \bar{Q}$  处达到最大,其中  $\bar{Q}$  为式(9)的正根,即

$$-2kc_m rQ + p - c_r - c_m(1 + rT) + kB(r - I_m) - (p - v)F(Q) = 0. \quad (9)$$

**证明** 经分析知,集中决策下  $B + \lambda wQ = c_m Q$ ,因此式(8)可写改写为

$$\begin{aligned} \pi_1(Q) = & -kc_m rQ^2 + [p - c_r - c_m - Tc_m r + Bk(r - I_m)]Q + \\ & BT(r - I_m) - (p - v) \int_0^Q F(x)dx. \end{aligned} \quad (10)$$

由式(10)可知,  $\frac{d^2\pi_1}{dQ^2} = -2kc_m r - (p - v)f(Q) < 0$ ,所以,  $\pi_1$  是关于  $Q$  的凹函数。由  $\frac{d\pi_1}{dQ} = 0$  可得到式(9)。由  $\lambda \geq 0 \Rightarrow Q \geq B/c_m$ ,  $\lim_{Q \rightarrow B/c_m} \frac{d\pi_1}{dQ} = p - c_r - c_m(1 + rT) - kB(r + I_m) - (p - v)F(B/c_m) \geq 0$ ,  $\lim_{Q \rightarrow a} \frac{d\pi_1}{dQ} = v - c_r - c_m(1 + rT) + kB(r + I_m) - 2kc_mra \leq 0$ 。因而,存在  $B/c_m \leq \bar{Q} \leq a$  使得  $\pi_1$  达到极大值,  $\frac{d\pi_1}{dQ}|_{Q=\bar{Q}} = 0$ ,即  $\bar{Q}$  满足式(9)。证毕。

当制造商仅用自有资金进行生产时,  $Q = B/c_m$ ,此时,供应链的整体利润为

$$\begin{aligned} \pi_1(B/c_m) = & E\pi_r(B/c_m) + \bar{\pi}_m = (p - c_r - c_m)B/c_m - \\ & B(1 + I_m(kB/c_m + T)) - (p - v) \int_0^{B/c_m} F(x)dx. \end{aligned} \quad (11)$$

若  $\pi_1(\bar{Q}) > \pi_1(B/c_m)$ , 制造商才会向银行寻求应收账款融资服务.

因此, 供应链集中决策下的产量为

$$Q = \begin{cases} \bar{Q}, & \pi_1(\bar{Q}) > \pi_1(B/c_m) \\ B/c_m, & \pi_1(\bar{Q}) \leq \pi_1(B/c_m), \end{cases} \quad (12)$$

其中  $\bar{Q}$  由式(9)所决定.

在算例1中, 若制造商仅利用自有资金生产, 产量  $Q = B/c_m = 250$ , 分别设定不同的贷款利率  $r$  值, 其他主要参数值不变, 来分析  $Q, \lambda$  以及供应链系统利润  $\pi_1$  随  $T$  的变化情况.

从图4可以看出, 集中决策下的供应链产量、融资比例和系统利润均随着销售周期  $T$  的增大呈单调递减趋势. 这是因为当销售周期  $T$  越长, 融资成本  $(c_m Q - B)r(kQ + T)$  越高, 只有降低产量才能使得供应链系统利润达到更优, 但同时降低产量直接影响了产品的销售额, 所以, 图4(c)显示销售周期越长, 供应链系统利润越少. 当  $T$  超过一定期限 ( $T > T_0$ ) 时, 融资成本过高, 导致供应链因不能承受融资成本的压力而选择放弃融资服务, 转而采取自有资金进行生产. 由于产量的降低, 融资比例也跟着降低. 同理, 贷款利率  $r$  越高, 融资成本也越高, 产量就越低, 融资比例越低, 导致系统利润也越低. 在集中决策下, 结合产品的销售周期来决定生产量和融资比例, 从而避免盲目地扩大产量, 导致企业出现亏损. 因此, 集中决策对供应链系统利润有着重要的影响.

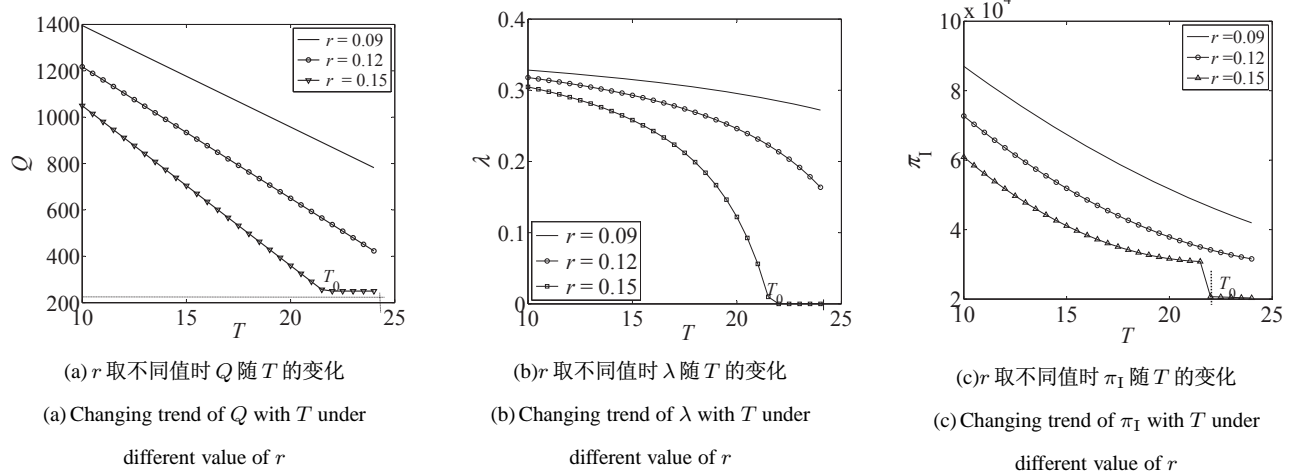


图4  $Q, \lambda, \pi_1$  随  $T$  的变化

Fig. 4 Changes of  $Q, \lambda, \pi_1$  with  $T$

### 3.3 供应链两种决策下的比较

以下比较供应链分散决策和集中决策下的产量以及供应链系统的利润. 记标号“1”为分散决策下的变量, “2”为集中决策下的变量, 以下类同. 对于同一种产品而言, 均假设其销售周期  $T$  为一常数.

供应链在两种决策下的产量  $(Q_1, Q_2)$  有四种情况:  $(q^*, \bar{Q}), (q^*, B/c_m), (B/c_m, \bar{Q})$  和  $(B/c_m, B/c_m)$ . 从3.2节的分析来看, 有  $q^* > B/c_m$ , 集中决策下有  $\bar{Q} > B/c_m$ , 因而只需比较产量为  $(q^*, \bar{Q})$  的情况.

**命题2** 若供应链分散决策和集中决策下的产量分别为  $Q_1 = q^*$  和  $Q_2 = \bar{Q}$ , 则  $Q_2 \geq Q_1$  成立的充要条件是  $Q_2, Q_1$  满足

$$-2kc_m r Q_2 + w - c_m(1 + rT) + kB(r - I_m) \geq pI_r(M - T)\bar{F}(Q_1). \quad (13)$$

特别地, 当  $M = T$  时,  $Q_2 \geq Q_1 \Leftrightarrow Q_2 \leq (w - c_m(1 + rT) + kB(r - I_m))/2kc_m r$ .

**证明** 根据式(3)和式(9)可知,  $(p - v)(F(Q_2) - F(Q_1)) = -2kc_m r Q_2 + w - c_m(1 + rT) + kB(r - I_m) - pI_r(M - T)\bar{F}(Q_1)$ , 由于  $F(x)$  为一递增函数, 所以  $Q_2 \geq Q_1 \Leftrightarrow F(Q_2) \geq F(Q_1)$ , 即  $Q_2, Q_1$  满

足  $-2kc_m r Q_2 + w - c_m(1 + rT) + kB(r - I_m) \geq pI_r(M - T)\bar{F}(Q_1)$ , 当  $M = T$  时, 此条件可化简为  $Q_2 \leq [w - c_m(1 + rT) + kB(r - I_m)]/2kc_m r$ . 证毕.

由命题2可知, 当销售周期  $T$  或者贷款利率  $r$  越大, 集中决策下的订购量  $Q_2$  越小时, 才能使得  $Q_2 \geq Q_1$ . 由于  $(c_m - \lambda_2 w)Q_2 = (c_m - \lambda_1 w)Q_1 = B$ , 所以可得出  $Q_2 \geq Q_1 \Leftrightarrow \lambda_2 \geq \lambda_1$ .

下面, 将分散和集中两种决策下, 供应链的系统利润进行对比分析.

当供应链在两种决策下的产量为  $Q_1 = Q_2 = B/c_m$  时, 由供应链系统利润可知  $\pi_1^1 - \pi_1^2 = (M - T)[pI_r(B/c_m - \int_0^{B/c_m} F(x)dx) - BI_m]$ . 容易得知, 若  $pI_r(B/c_m - \int_0^{B/c_m} F(x)dx) - BI_m \geq 0$ , 则  $\pi_1^1 \geq \pi_1^2$ , 反之亦然; 且当  $M = T$  时, 有  $\pi_1^1 = \pi_1^2$ .

当  $(Q_1, Q_2) = (q^*, B/c_m)$  时, 分散决策下有  $\pi_r(q^*) + \pi_m > \pi_r(B/c_m) + \bar{\pi}_m$ , 因此, 若满足条件  $pI_r(B/c_m - \int_0^{B/c_m} F(x)dx) - BI_m \geq 0$  或者  $M = T$ , 则  $\pi_1^1(q^*) > \pi_1^1(B/c_m) \geq \pi_1^2(B/c_m)$ .

当  $(Q_1, Q_2) = (B/c_m, \bar{Q})$  时, 若满足条件  $pI_r(B/c_m - \int_0^{B/c_m} F(x)dx) - BI_m \leq 0$  或者  $M = T$ , 则  $\pi_1^2(\bar{Q}) > \pi_1^2(B/c_m) \geq \pi_1^1(B/c_m)$ ;

当  $(Q_1, Q_2) = (q^*, \bar{Q})$  时, 记  $S = (p - c_r - c_m)(Q_2 - Q_1) - (p - v) \int_{Q_1}^{Q_2} F(x)dx + (M - T)[\lambda_1 w(r - I_m) + c_m I_m]Q_1 + pI_r(M - T)[Q_1 - \int_0^{Q_1} F(x)dx]$ , 则有下列结论.

**命题3** 若供应链分散决策和集中决策下的产量分别为  $Q_1 = q^*$  和  $Q_2 = \bar{Q}$ , 则当  $Q_2 \geq Q_1$  时,  $\pi_1^1(Q_1) \geq \pi_1^2(Q_2)$  成立的一个充分条件是  $S \leq 0$ ; 当  $Q_1 \geq Q_2$  时,  $\pi_1^1(Q_1) \leq \pi_1^2(Q_2)$  的一个充分条件是  $S \geq 0$ .

**证明** 将  $(c_m - \lambda_2 w)Q_2 = (c_m - \lambda_1 w)Q_1 = B$  代入表1中  $\pi_1^1(Q_1)$  和  $\pi_1^2(Q_2)$  的表达式可知

$$\pi_1^1(Q_1) - \pi_1^2(Q_2) = [\lambda_2 w(r - I_m) + c_m I_m](kQ_2^2 + TQ_2) - [\lambda_1 w(r - I_m) + c_m I_m](kQ_1^2 + TQ_1) - S \quad (14)$$

由命题2知,  $Q_2 \geq Q_1 \Leftrightarrow \lambda_2 \geq \lambda_1$ , 所以  $Q_2 \geq Q_1, S \leq 0$  时,  $\pi_1^1(Q_1) \geq \pi_1^2(Q_2)$ ;  $Q_1 \geq Q_2, S \geq 0$  时,  $\pi_1^1(Q_1) \leq \pi_1^2(Q_2)$ . 证毕.

特别地, 当  $M = T$  时,

$$\begin{aligned} S &= (p - c_r - c_m)(Q_2 - Q_1) - (p - v) \int_{Q_1}^{Q_2} F(x)dx \\ &\geq (p - c_r - c_m)(Q_2 - Q_1) - (p - v)(Q_2 - Q_1) = (v - c_r - c_m)(Q_2 - Q_1). \end{aligned} \quad (15)$$

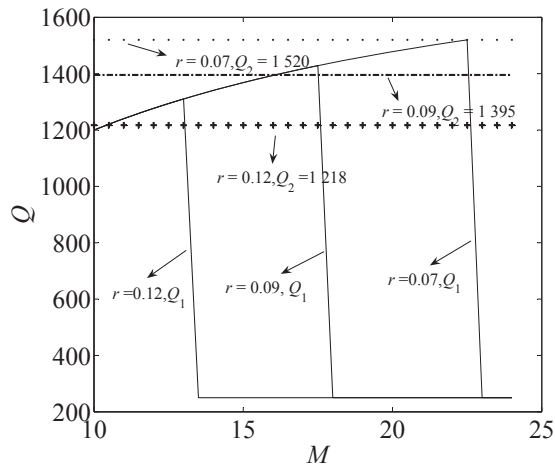
由此, 进一步地, 当  $v \leq c_r + c_m$ , 那么,  $Q_2 \geq Q_1 \Rightarrow \pi_1^1(Q_1) \geq \pi_1^2(Q_2)$ ,  $Q_2 \leq Q_1 \Rightarrow \pi_1^1(Q_1) \leq \pi_1^2(Q_2)$ .

设定两种同类产品的销售周期为  $T_1 = 10, T_2 = 18$ , 关于产品的销售及模型参数同例题1, 对供应链在两种决策下的产量和系统整体利润进行比较分析(图中箭头标明的是供应链集中决策下的决策结果).

图5和图6显示了当产品销售周期分别为  $T = 10$  和  $T = 18$  时, 供应链在分散决策和集中决策下的最优产量与利润的比较情况.

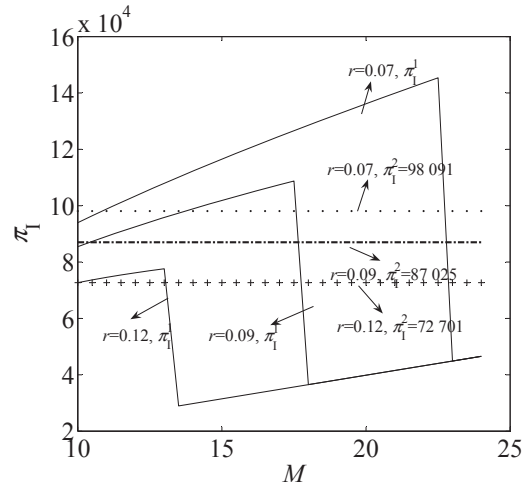
从图5(a)和图6(a)中可以看出, 在银行借贷利率  $r$  逐渐放大的过程中, 供应链在集中决策下的最优产量  $Q_2$  越容易大于分散决策下的产量  $Q_1$ . 同时, 从图中也可以看出, 在集中决策下, 制造商更加愿意采取应收账款的融资方式向银行借贷, 以满足最优生产量的需求. 而分散决策下, 当借贷利率足够大时, 制造商则更加愿意利用自有资金进行生产, 并且,  $r$  越大, 制造商给予零售商的商业信用期越短. 这是因为, 在集中决策下, 当制造商生产资金受到约束时, 制造商与零售商进行合作, 共同分担融资成本, 就融资是否获利这一问题进行决策, 发挥了融资的效用, 为供应链创造了新的价值, 同时也为银行带来了融资盈利. 然而, 在分散决策下, 制造商为满足零售商订购量, 从而扩大产量, 同时为下游零售商企业提供商业信用, 但受资金限制, 制造商需向银行借贷才能满足零售商的订购需求. 可是, 制造商单方面承担融资成本, 因而不愿意向银行融资. 当贷款利率越高时, 制造商支付的贷款利息越高, 就越不愿意让零售商赊销. 对比图5(a)和图6(a), 也可以发现: 若产品销售周期  $T$  越长, 供应链在两种决策下的产量都随之减少. 并且, 在分散决策下, 制造商能够提供的商业信用期越短. 当信用期达到一定水平时, 制造商将出现亏损, 此时, 制造商选择不进行生产.





(a) 两种决策下供应链的产量( $T = 10$ )

(a) The product quantities of supply chain under two decisions

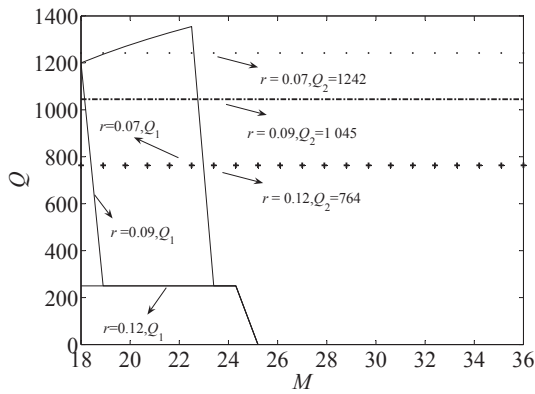


(b) 两种决策下供应链的系统利润( $T = 10$ )

(b) The system's profit of supply chain under two decisions

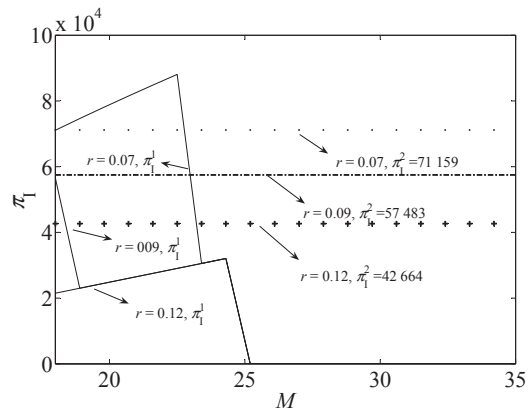
图 5 供应链在两种决策下的最优产量与系统利润比较( $T = 10$ )

Fig. 5 Comparison on the optimal product quantities and profit of supply chain in two decisions( $T = 10$ )



(a) 供应链两种决策下的产量( $T = 18$ )

(a) The product quantities of supply chain under two decisions



(b) 供应链两种决策下的系统利润( $T = 18$ )

(b) The system's profit of supply chain under two decisions

图 6 在两种决策下供应链的最优产量与系统利润比较( $T = 18$ )

Fig. 6 Comparison on the optimal product quantities and profit of supply chain in two decisions( $T = 18$ )

图 5(b)和图 6(b)显示了产品销售周期分别为  $T = 10$  和  $T = 18$  时, 供应链在两种决策下的系统利润. 从图 5(b)中可以看出, 当贷款利率分别为  $r = 0.07, 0.09, 0.12$  时, 信用期处于某一范围时, 供应链在分散决策下的利润  $\pi_1^1$  将大于集中决策下的利润  $\pi_1^2$ . 并且,  $r$  越大, 使得满足  $\pi_1^1 \geq \pi_1^2$  的信用期  $M$  的范围就越小. 对比图 5(b)和图 6(b)还可以发现, 销售周期  $T$  越长,  $\pi_1^1 \geq \pi_1^2$  的可能性就越小. 这说明了, 当产品销售周期较短(如易逝品), 制造商为激励零售商扩大产量而提供赊销服务, 零售商在商业信用期内还可以获得一部分额外的投资机会收益, 但即便这样, 制造商考虑自身的融资成本, 仍不能使信用期过长, 这就导致了分散决策下制造商的产量要小于集中决策下的产量. 在这种小规模生产的情况下, 供应链进行分散决策更具优势. 然而, 当产品销售周期较长, 特别是贷款利率较高时, 供应链就更能发挥集中决策中上下游企业合作的优势, 有效利用融资服务为供应链创造价值, 解决资金约束的问题.

此外, 算例中  $v = c_r + c_m$ , 分别对比图 5(a)、图 5(b)以及图 6(a)、图 6(b)还可以看出, 若应收账款融资与商业信用相结合, 当  $M = T$  时, 供应链在两种决策下的产量越大, 利润越低. 这也验证了命题 3 的结论.

## 4 结束语

本文以应收账款融资服务为背景,建立了当制造商接受银行融资服务,同时为下游零售商提供商业信用时,供应链的决策模型,分别给出了在分散决策和集中决策下,供应链的最优产量和系统利润.算例分析表明:(1)分散决策下,贷款利率越高,制造商给予零售商的商业信用期越短.集中决策下,制造商更愿意采取应收账款的融资方式向银行借贷.(2)当制造商采取应收账款融资的前提下,对于销售周期短的产品,制造商为零售商提供一定商业信用期时,供应链系统在分散决策下的利润将大于集中决策下的利润.反之,当产品销售周期长,供应链在集中决策下的利润更大.

此外,本文的算例研究主要基于需求服从均匀分布,考虑其它概率分布情形将是今后开展的一项研究工作.考虑制造商生产过程中出现瑕疵品、制造商发生破产情况、信用期小于销售周期时、企业属风险规避型等情形下,供应链的融资决策问题也是未来值得进一步研究的课题.

## 参考文献:

- [1] 陈祥锋. 供应链金融服务创新论[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2008.  
Chen Xiangfeng. The Innovation Theory of Supply Chain Financing Service[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2008. (in Chinese)
- [2] Goyal S K. Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments[J]. Journal of the Operational Research Society, 1985, 36(4): 335-338.
- [3] Fisman R, Love I. Trade credit, financial intermediary development and industry growth[J]. Journal of Finance, 2003, 58(1): 353-374.
- [4] Ge Y, Qiu J P. Financial development, bank discrimination and trade credit[J]. Journal of Banking & Finance, 2007, 31(2): 513-530.
- [5] Teng J T, Chang C T. Optimal manufacturer's replenishment policies in the EPQ model under two levels of trade credit policy[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 195(2): 358-363.
- [6] Ho C H. The optimal integrated inventory policy with price-and-credit-linked demand under two-level trade credit[J]. Computers & Industrial Engineering, 2011, 60(1): 117-126.
- [7] Mahata G C. An EPQ-based inventory model for exponentially deteriorating items under retailer partial trade credit policy in supply chain[J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(3): 3537-3550.
- [8] 胡跃飞, 黄少卿. 供应链金融: 背景、创新与概念界定[J]. 金融研究, 2009(8): 194-206.  
Hu Yuefei, Huang Shaoqing. A study of supply chain finance: its economic background, innovation and conception[J]. Journal of Financial Research, 2009(8): 194-206. (in Chinese)
- [9] Buzacott J A, Zhang R Q. Inventory management with asset-based financing[J]. Management Science, 2004, 50(9): 1274-1292.
- [10] Xu X D, Birge J R. Joint Production and Financing Decisions: Modeling and Analysis[R]. Chicago: Graduate School of Business, University of Chicago, 2004.
- [11] Li L, Shubik M, Sobel M J. Control of dividends, capital subscriptions, and physical inventories[J]. Management Science, 2013, 59(5): 1107-1124.
- [12] Raghavan N R S, Mishra V K. Short-term financing in a cash-constrained supply chain[J]. International Journal of Production Economics, 2011, 134(2): 407-412.
- [13] Dada M, Hu Q H. Financing newsvendor inventory[J]. Operations Research Letters, 2008, 36(5): 569-573.
- [14] 陈祥锋, 朱道立, 应雯珺. 资金约束与供应链中的融资和运营综合决策研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(3): 70-77, 105.  
Chen Xiangfeng, Zhu Daoli, Ying Wenjun. Financial and operation decisions in budget-constrained supply chain[J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11(3): 70-77, 105. (in Chinese)
- [15] 屠惠远, 华国伟, 汪寿阳. 资金约束供应链中最优融资和生产决策研究[J]. 系统科学与数学, 2011, 31(11): 1412-1422.  
Tu Huiyuan, Hua Guowei, Wang Shouyang. Research on optimal financial and production decisions in cash-constrained supply chain[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2011, 31(11): 1412-1422. (in Chinese)