第 29 卷 第 8 期
Vol. 29 No. 8

控 制 与 决 策
Control and Decision

2014 年 8 月
Aug. 2014

文章编号: 1001-0920 (2014) 08-1413-06 **DOI:** 10.13195/j.kzyjc.2013.0758

基于价格折扣的有条件延期支付策略

王宜举, 孟凡秀

(曲阜师范大学 管理学院，山东 日照 276800)

摘 要: 在延期支付及价格折扣策略下, 建立以供货商为主导的主从斯坦伯格模型, 从供货商的角度研究基于价格折扣的有条件延期支付策略设置问题. 通过对模型的理论分析和模型求解, 给出了各情形下供货商的延期支付策略、零售商的最佳订单量和货款的最佳支付时间. 数值结果表明, 此策略在激励零售商加大订单量的同时, 还能吸引其尽早交付货款, 从而加快供货商的资金周转, 实现双赢.

关键词: 有条件延期支付；价格折扣；斯坦伯格模型；补货策略

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Determination of conditional delay in payment policy based on price discount

WANG Yi-ju, *MENG Fan-xiu*

(School of Management Science，Qufu Normal University，Rizhao 276800，China．Correspondent：MENG Fan-xiu，E-mail：fanxiu0501@163.com)

Abstract: Under the strategy that the supplier provides a delay in payment and a price discount to the retailer, a supplier-Stackelberg game model is established for the problem of determining the trade credit policy. Based on the theoretical analysis and computing the model, the supplier's optimal conditional trade credit policy, the retailer's optimal order quality and optimal payment time are presented. The presented numerical experiments show that this conditional trade credit policy can not only stimulate the retailer to make a larger order, but also attract the retailer to pay for his purchases earlier. Hence, it can accelerate the supplier's capital turnover and realize a win-win outcome.

Key words: conditional delay in payment；price discount；Stackelberg model；order policy

0 引 言

在日常的商业活动中, 零售商在收到货物后立即支付供货商货款. 为激励零售商加大订单量, 供货商会采取各种各样的促销模式, 而延期支付是常见的一种. 延期支付是指零售商在批发货物时无需立即支付货款, 而是在其后的某个时间内支付. 如今, 延期支付已被广泛应用于各类商业活动中[1].

Goyal[2]首先将延期支付策略引入经典的经济订单批量模型(EOQ), 给出了零售商的最佳补货策略, 之后人们从不同角度对该问题进行了拓展和延伸. 首先, 文献 [3-4] 在上述模型的基础上, 在较松弛的假设下 (如在物品变质、允许缺货和线性需求等条件下)研究了零售商的最佳补货策略. 随后, 人们对延期支付时限与订单量相关的库存模型[5]、带条件的延期支付模型[6]、部分货款延期支付的库存模型[7]等进行了研究. 与之不同, 文献 [8] 考虑了供货商和零售商同时为下一级客户提供延期支付的双层延期支付模型. 最近, 杨树等[9]首次基于斯坦伯格库存模型研究了供货商延期支付策略的设置问题, 类似的研究还有文献 [10-11].

上述研究均基于供货商给零售商提供一个延期支付时限, 并要求零售商在延期支付期结束时支付货款. 考虑到延期支付会放缓供货商的资金周转, 不利于供应链的运转, 供货商为尽快收回货款, 加速资金周转并减少坏账或赖账损失, 往往在提供延期支付的同时, 会结合价格折扣来吸引零售商尽早支付货款. 具体地, 供货商为零售商提供一个小于延期支付时限的价格折扣期, 如果零售商在价格折扣时限内支付货

收稿日期: 2013-06-17；**修回日期:** 2013-09-05.

基金项目: 国家自然科学基金项目(11171180).

作者简介: 王宜举(1966−), 男, 教授, 博士生导师, 从事运筹学、供应链管理等研究；孟凡秀(1986−), 女, 硕士生, 从事运筹学、供应链管理的研究.

款将享受价格折扣, 否则原价支付. 文献 [12-13] 研究了该假设条件下零售商的最佳补货策略. 邱昊等[12]基于零售商的采购价与销售价之间的差额, 建立了零售商的最佳补货策略. 李明芳等[13]通过引入非瞬时补货条件, 建立了一个新的库存决策模型. 最近, 李佐平等[14]又将延期支付和价格折扣情形下零售商的补货策略研究拓展到双层延期支付模型.

文献 [12-14] 均在无条件延期支付和价格折扣条件下, 给出了零售商的最佳订单量. 与之不同, 本文首先引入价格折扣, 然后考虑如何设置延期支付策略使供货商的利益最大. 具体地, 通过引入价格折扣和有条件延期支付策略, 同时极大化供货商和零售商的利润, 建立了供货商占主导地位的斯坦伯格模型, 给出了基于价格折扣的有条件延期支付策略的参数取值, 同时给出了零售商的最佳订单量和最佳货款支付时间, 使得模型更具有应用价值.

1 符号说明和基本假设

表 1 模型中的符号及含义

符号	含义
D	商品的周期需求量
p	零售商的销售价格
c	零售商的采购价格, $c < p$
A_r	零售商的补货启动费用
h	单位商品单位周期的库存维持费用, 不含库存资金成本
s	零售商单位库存资金每周期的机会成本, 与采购价格成正比
I_e	零售商单位销售款的周期利息收入
Q	零售商的订单量
T	补货周期
f	零售商的利润
c_0	供货商的商品成本, $c_0 < c$
A_s	订单处理费用
I_s	单位延期支付货款带给供货商的周期利息损失
Q_0	补货阈值, 即当零售商的订单量$Q \geqslant Q_0$时, 才能享受延期支付策略
N	供货商提供的价格折扣时限
M	供货商提供的延期支付时限
τ	价格折扣因子, 当零售商在价格折扣支付期支付货款时, 商品实际采购价为τc, $0 < \tau < 1$
F	供货商的利润

本文考虑由一个供货商和一个零售商组成的二级供应链系统. 相关假设如下: 1) 市场需求恒定, 不允许缺货; 2) 库存为零时零售商进行补货, 补货提前期为零, 即补货是瞬时的; 3) 系统运行时间无限长; 4) 信息完全对称; 5) 供货商提供的延期支付时限等于零售商的补货周期, 即 $M = T$; 6) 供货商提供的延期支付时限大于价格折扣时限, 即 $M > N$; 7) 在延期支付时限内, 零售商将销售款存入某利息账户.

2 斯坦伯格博弈模型

为激励零售商加大订单量同时尽早支付货款, 引入了价格折扣, 并建立了以下有条件延期支付策略: 1) 设 $Q_0 > 0$, 若零售商的订单量 $Q < Q_0$, 则零售商需在收到货物后马上支付所有货款. 2) 若订单量 $Q \geqslant Q_0$, 零售商可延期支付全部货款并且支付货款时间有两个选项: ① 在 N 点支付货款, 享受价格折扣, 即采购价格为 τc; ② 在 M 点支付货款, 不享受价格折扣, 采购价格仍为 c, 其中 $N = \lambda M$, $\lambda \in (0, 1)$ 为一常数.

在此模型中, 供货商是主导者, 决策变量为阈值 Q_0, 零售商作为随从者, 决策变量为 Q. 这是一个两阶段动态博弈: 第 1 阶段, 供货商确定一个补货阈值 Q_0; 第 2 阶段, 零售商根据阈值 Q_0 确定最佳订单量 Q^* 及货款支付时间, 使得自己利润最大. 此过程可视为供货商先行动的斯坦博格博弈模型.

基于供货商和零售商信息完全对称, 供货商每给一个阈值 Q_0 后, 便可知零售商在此阈值下的最佳订单量和货款支付时间, 从而供应商可预测各阈值下自己的利润大小, 因此供货商可通过选择决策值 Q_0 使得自己利润最大. 为计算补货阈值 Q_0, 首先分析零售商对阈值 Q_0 的最佳补货策略.

2.1 零售商的最佳反应函数

在延期支付时限内, 零售商将累积的销售款额存入一个利率为 I_e 的利息账户. 延期支付时限到达后, 零售商需为未销售的商品支付一定的库存占用资金利息, 所以

零售商的总利润 =

销售利润 − 补货启动费用−

库存费用 + 利息收入(延期支付时产生).

零售商的订单量和付款方式不同, 其利润函数也不同. 当 $Q < Q_0$ 时, 零售商立即支付所有货款, 一个补货周期内的库存费用为 $(h + s)\int_0^T (Q - Dt)\mathrm{d}t$. 所以, 零售商的周期利润函数为

$$f_1(Q) = \frac{1}{T}\Big[(p - c)Q - A_r - (h + s)\int_0^T (Q - Dt)\mathrm{d}t\Big] = D(p - c) - \frac{A_r D}{Q} - \frac{Q}{2}(h + s),$$

其中 $Q = TD$.

当 $Q \geqslant Q_0$ 时, 零售商延期支付所有货款. 若零售商选择在 N 点支付货款, 则享受价格折扣, 此时采购价格为 τc, 单位库存资金的周期机会损失为 τs. 一个补货周期内的利息收入为 $I_e p\int_0^N Dt\mathrm{d}t$, 库存费用为 $h\int_0^T (Q - Dt)\mathrm{d}t + \tau s\int_N^T (Q - Dt)\mathrm{d}t$. 因此, 零售商的周期利润函数为

$$f_2(Q) = \frac{1}{T}\Big[(p - \tau c)Q - A_r - h\int_0^T (Q - Dt)\mathrm{d}t -$$

$$\tau s\int_N^T(Q-Dt)dt+I_ep\int_0^N Dt\mathrm{d}t\Big]=$$
$$D(p-\tau c)-\frac{A_rD}{Q}-\frac{Q}{2}(h+\tau s(1-\lambda)^2-I_ep\lambda^2).$$

若零售商选择在 M 点支付货款, 不享受价格折扣, 采购价格为 c. 单补货周期内的利息收入为 $I_ep\int_0^T Dt\mathrm{d}t$, 库存费用为 $h\int_0^T(Q-Dt)\mathrm{d}t$, 从而零售商的周期利润函数为

$$f_3(Q)=$$
$$\frac{1}{T}\Big[(p-c)Q-A_r-h\int_0^T(Q-Dt)\mathrm{d}t+I_ep\int_0^T Dt\mathrm{d}t\Big]=$$
$$D(p-c)-\frac{A_rD}{Q}-\frac{Q}{2}(h-I_ep).$$

据此, 对于补货阈值 Q_0, 零售商的周期利润函数为

$$f(Q)=\begin{cases}f_1(Q),\ Q<Q_0;\\ \max\{f_2(Q),f_3(Q)\},\ Q\geqslant Q_0.\end{cases}\tag{1}$$

而零售商的最佳补货量为下述优化问题的解:

$$\max_{Q>0} f(Q).\tag{2}$$

为求解模型 (2), 考虑函数 $f_i(Q)$ 和 $f(Q)$ 的凸性. 对 $f_i(Q)\ (i=1,2,3)$ 分别求二阶导数得 $\dfrac{d^2f_i(Q)}{dQ^2}<0$, $i=1,2,3$. 于是有如下性质.

命题 1　1) 对于 $i=1,2,3$, 函数 $f_i(Q)$ 为在区间 $(0,+\infty)$ 上关于 Q 的严格凹函数, 最大值点分别为

$$Q_1^*=\sqrt{\frac{2A_rD}{h+s}},$$
$$Q_2^*=\sqrt{\frac{2A_rD}{h+\tau s(1-\lambda)^2-I_ep\lambda^2}},$$
$$Q_3^*=\sqrt{\frac{2A_rD}{h-I_ep}}.$$

2) 对于任意的 $Q>0$, $f_1(Q)<f_2(Q)$, $f_1(Q)<f_3(Q)$ 成立.

3) 函数 $f_2(Q)$ 与函数 $f_3(Q)$ 存在唯一交点 $\tilde{Q}$, 且

$$\tilde{Q}=\frac{2D(1-\tau)c}{\tau s(1-\lambda)^2+I_ep(1-\lambda^2)}.$$

命题 2　1) $f(Q)$ 是由函数 $f_1(Q)$, $f_2(Q)$ 和 $f_3(Q)$ 构成的分段凹函数.

2) 函数 $f(Q)$ 在区间 $(0,Q_0)$ 和 $[Q_0,+\infty)$ 上分别连续, 但在整个区间上不连续.

由命题 1 得 $Q_1^*<Q_2^*<Q_3^*$, 并且

$$\begin{cases}f_2(Q)\geqslant f_3(Q),\ Q\leqslant\tilde{Q};\\ f_3(Q)>f_2(Q),\ Q>\tilde{Q}.\end{cases}$$

由命题 2 可知, 函数 $f(Q)$ 在区间 $(0,+\infty)$ 存在最大值, 即模型 (2) 有解.

在延期支付策略实施过程中, 供货商给定一个阈值 Q_0, 零售商据此确定最佳订单量 Q^* 和货款支付方式使得自己利润最大, 即 $f(Q^*)=\max\{f(Q)\mid Q>0\}$, 这说明 Q^* 是一个关于 Q_0 的函数, 记为 $Q^*(Q_0)$. 下面根据 $\tilde{Q}$, Q_2^* 和 Q_3^* 的大小关系, 分 3 种情况讨论 Q^* 的求解.

情况 1　如图 1 所示, 当 $\tilde{Q}\leqslant Q_2^*$ 时, 零售商的最大利润为

$$f(Q^*)=\begin{cases}f_3(Q_3^*),\ 0<Q_0\leqslant Q_3^*;\\ \max\{f_1(Q_1^*),f_3(Q_0)\},\ Q_0>Q_3^*.\end{cases}$$

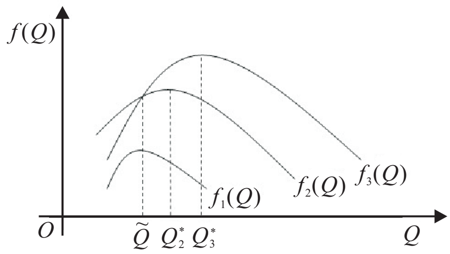

图 1　情况 1

令

$$E_1=(0,Q_3^*],$$
$$E_2=\{Q_0\mid Q_0>Q_3^*,\ f_3(Q_0)\geqslant f_1(Q_1^*)\},$$
$$E_3=\{Q_0\mid Q_0>Q_3^*,\ f_3(Q_0)<f_1(Q_1^*)\},$$

则零售商的最佳订单量和付款方式分别为

$$Q^*(Q_0)=\begin{cases}Q_3^*,\ Q_0\in E_1;\\ Q_0,\ Q_0\in E_2;\\ Q_1^*,\ Q_0\in E_3.\end{cases}$$

$$\text{付款方式}=\begin{cases}\text{立即支付},\ Q_0\in E_3;\\ M\text{ 点支付},\ Q_0\in E_1\bigcup E_2.\end{cases}$$

其中

$$E_1\bigcup E_2\bigcup E_3=(0,+\infty).$$

情况 2　如图 2 所示, 当 $Q_2^*<\tilde{Q}\leqslant Q_3^*$ 时, 零售商的最大利润为

$$f(Q^*)=\begin{cases}\max\{f_2(Q_2^*),f_3(Q_3^*)\},\ 0<Q_0\leqslant Q_2^*;\\ \max\{f_2(Q_0),f_3(Q_3^*)\},\ Q_2^*<Q_0\leqslant\tilde{Q};\\ f_3(Q_3^*),\ \tilde{Q}<Q_0\leqslant Q_3^*;\\ \max\{f_3(Q_0),f_1(Q_1^*)\},\ Q_0>Q_3^*.\end{cases}$$

此时, 如果 $Q_0\in E_4:=(0,Q_2^*]$ 并且 $f_2(Q_2^*)\geqslant f_3(Q_3^*)$,

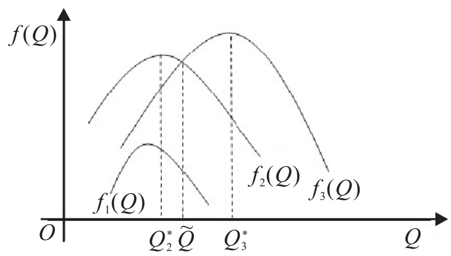

图 2　情况 2

则零售商的最佳订单量为 $Q^* = Q_2^*$, 付款时间为 N 点; 如果 $Q_0 \in E_4$ 并且 $f_2(Q_2^*) < f_3(Q_3^*)$, 则 $Q^* = Q_3^*$, 付款时间为 M 点. 如果 $Q_0 \in E_5 := \{Q_0 | Q_2^* < Q_0 \leqslant \tilde{Q},\ f_2(Q_0) \geqslant f_3(Q_3^*)\}$, 则 $Q^* = Q_0$, 付款时间为 N 点. 如果 $Q_0 \in E_6 := \{Q_0 | Q_2^* < Q_0 \leqslant \tilde{Q},\ f_2(Q_0) < f_3(Q_3^*)\}$, 则 $Q^* = Q_3^*$, 付款时间为 M 点. 如果 $Q_0 \in E_7 := (\tilde{Q}, Q_3^*]$, 则 $Q^* = Q_3^*$, 付款时间为 M 点. 如果 $Q_0 \in E_2$, 则 $Q^* = Q_0$, 付款时间为 M 点. 如果 $Q_0 \in E_3$, 则 $Q^* = Q_1^*$, 并立即支付货款.

综上所述, 当 $f_2(Q_2^*) \geqslant f_3(Q_3^*)$ 时, 零售商的最佳订单量和付款方式分别为

$$Q^*(Q_0) = \begin{cases} Q_2^*,\ Q_0 \in E_4; \\ Q_0,\ Q_0 \in E_2 \cup E_5; \\ Q_3^*,\ Q_0 \in E_6 \cup E_7; \\ Q_1^*,\ Q_0 \in E_3. \end{cases}$$

$$\text{付款方式} = \begin{cases} \text{立即支付},\ Q_0 \in E_3; \\ N\text{ 点支付},\ Q_0 \in E_4 \bigcup E_5; \\ M\text{ 点支付},\ Q_0 \in E_2 \bigcup E_6 \bigcup E_7. \end{cases}$$

其中

$$E_2 \bigcup E_3 \bigcup E_4 \bigcup E_5 \bigcup E_6 \bigcup E_7 = (0, +\infty).$$

当 $f_2(Q_2^*) < f_3(Q_3^*)$ 时, 有 $f_2(Q_0) < f_3(Q_3^*)$, 因此

$$Q^*(Q_0) = \begin{cases} Q_3^*,\ Q_0 \in E_1; \\ Q_0,\ Q_0 \in E_2; \\ Q_1^*,\ Q_0 \in E_3. \end{cases}$$

$$\text{付款方式} = \begin{cases} \text{立即支付},\ Q_0 \in E_3; \\ M\text{点支付},\ Q_0 \in E_1 \bigcup E_2. \end{cases}$$

情况 3 如图 3 所示, 当 $\tilde{Q} > Q_3^*$ 时, 零售商的最大利润为

$$f(Q^*) = \begin{cases} f_2(Q_2^*),\ 0 < Q_0 \leqslant Q_2^*; \\ f_2(Q_0),\ Q_2^* < Q_0 \leqslant Q_3^*; \\ \max\{f_2(Q_0), f_1(Q_1^*)\},\ Q_3^* < Q_0 \leqslant \tilde{Q}; \\ \max\{f_3(Q_0), f_1(Q_1^*)\},\ Q_0 > \tilde{Q}. \end{cases}$$

令

$$E_8 = (Q_2^*, Q_3^*],$$

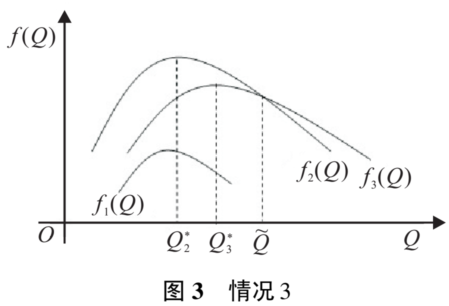

图 3 情况 3

$$E_9 = \{Q_0 | Q_3^* < Q_0 \leqslant \tilde{Q},\ f_2(Q_0) \geqslant f_1(Q_1^*)\},$$

$$E_{10} = \{Q_0 | Q_3^* < Q_0 \leqslant \tilde{Q},\ f_2(Q_0) < f_1(Q_1^*)\},$$

$$E_{11} = \{Q_0 | Q_0 > \tilde{Q},\ f_3(Q_0) \geqslant f_1(Q_1^*)\},$$

$$E_{12} = \{Q_0 | Q_0 > \tilde{Q},\ f_3(Q_0) < f_1(Q_1^*)\},$$

则零售商的最佳订单量和付款方式分别为

$$Q^*(Q_0) = \begin{cases} Q_2^*,\ Q_0 \in E_4; \\ Q_0,\ Q_0 \in E_8 \bigcup E_9 \bigcup E_{11}; \\ Q_1^*,\ Q_0 \in E_{10} \bigcup E_{12}. \end{cases}$$

$$\text{付款支付} = \begin{cases} \text{立即支付},\ Q_0 \in E_{10} \bigcup E_{12}; \\ N\text{ 点支付},\ Q_0 \in E_4 \bigcup E_8 \bigcup E_9; \\ M\text{ 点支付},\ Q_0 \in E_{11}. \end{cases}$$

其中

$$E_4 \bigcup E_8 \bigcup E_9 \bigcup E_{10} \bigcup E_{11} \bigcup E_{12} = (0, +\infty).$$

2.2 供货商决策

设供货商根据零售商的订单量进行生产, 无需考虑库存费用. 因此, 其利润包括销售收入、订单处理费用、延期支付货款带来的利息损失.

当 $Q < Q_0$ 时, 零售商需马上支付货款, 供货商不存在利息损失, 故周期利润函数为

$$F_1(Q) = \frac{1}{T}[(c - c_0)Q - A_s] = D(c - c_0) - \frac{A_s D}{Q}.$$

当 $Q \geqslant Q_0$ 时, 若零售商选择在 N 点延期支付货款, 则供货商单周期内的机会损失为 $I_s \tau c Q N$, 故周期利润函数为

$$F_2(Q) = \frac{1}{T}[(\tau c - c_0)Q - A_s - I_s \tau c Q N] = D(\tau c - c_0) - \frac{A_s D}{Q} - I_s \tau c Q \lambda.$$

若零售商选择在 M 点支付货款, 则供货商在一个周期内的机会损失为 $I_s c Q T$, 故周期利润函数为

$$F_3(Q) = \frac{1}{T}[(c - c_0)Q - A_s - I_s c Q T] = D(c - c_0) - \frac{A_s D}{Q} - I_s c Q.$$

基于零售商的最佳订单量 Q^* 和付款方式, 供货商的周期利润函数为

$$\varphi(Q^*) = \begin{cases} F_1(Q^*),\ Q^* < Q_0, \text{立即支付}; \\ F_2(Q^*),\ Q^* \geqslant Q_0, \text{并在 } N \text{ 点支付}; \\ F_3(Q^*),\ Q^* \geqslant Q_0, \text{并在 } M \text{ 点支付}. \end{cases} \tag{3}$$

因 Q^* 为 Q_0 的函数, 所以供货商的利润函数 $\varphi(Q^*)$ 也是 Q_0 的函数, 记为 $\varphi(Q_0)$. 因此, 供货商的决策问题就是确定决策变量 Q_0 使得 $\varphi(Q_0)$ 最大, 即求解下述优化问题:

$$\max_{Q_0 > 0} \varphi(Q_0). \tag{4}$$

易知 $F_1(Q)$ 是增函数, $F_2(Q)$ 和 $F_3(Q)$ 是凹函数, 因此函数 $\varphi(Q_0)$ 在区间 $(0,+\infty)$ 上存在最大值, 即模型 (4) 有解.

2.3　零售商决策

基于补货阈值 Q_0, 根据 2.1 节中的讨论可得零售商的最佳订单量及最佳货款支付方式.

根据上述讨论, 给出供货商和零售商最佳决策的计算方法.

算法 1

Step 1: 输入参数 $D, p, c, A_r, s, h, I_e, I_s, A_s$, c_0, τ, λ, 计算 $\tilde{Q}, Q_1^*, Q_2^*, Q_3^*$;

Step 2: 根据参数和 2.1 节的讨论, 计算 $Q^*(Q_0)$;

Step 3: 将 $Q^*(Q_0)$ 代入供货商的利润函数, 求解模型 (4), 得最佳补货阈值 Q_0;

Step 4: 根据 Step 3 求得的 Q_0, 求出零售商的最佳订单量 Q^* 和最佳货款支付方式.

例 1　设 $D = 2\,000$, $p = 10$, $c = 6$, $A_r = 200$, $s = 10$, $h = 6$, $I_e = 0.2$, $I_s = 0.4$, $A_s = 350$, $c_0 = 2$, $\tau = 0.93$, $\lambda = 0.7$. 根据算法 1, 求得最佳补货阈值 $Q_0 = 669.349\,4$. 在此阈值下, 零售商的最佳订单量为 $Q^* = 669.349\,4$, 并在 N 点支付货款. 此时零售商的利润为 6 282.2, 供货商的利润为 5 068.4. 当供货商不提供延期支付策略时, 求得零售商的最佳订单量为 $Q^* = 223.606\,8$, 利润为 4 422.3, 供货商的利润为 4 869.5.

由以上数据可知, 此有条件延期支付策略不仅能够大幅提高零售商的补货批量, 增加零售商和供货商的利润, 而且能够激励零售商尽早支付货款, 加快了供货商的资金周转, 降低了坏账风险, 实现双赢.

3　灵敏度分析

针对例 1 中的数据, 表 2 给出了价格折扣因子及价格折扣时限对双方最佳决策和利润的影响. 其中: $\beta = M$ 表示零售商选择延期支付并在 M 点支付货款, $\beta = N$ 表示零售商延期支付并选择在 N 点支付货款, $\beta = 0$ 表示零售商立即支付货款. 当 $\tau = 0.93$ 时, 参数 λ 对供货商和零售商利润的影响见图 4.

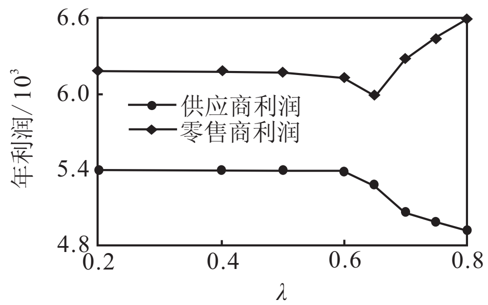

图 4　利润变化曲线

表 2　参数 τ 和 λ 的变化对双方最佳决策和利润的影响

τ	λ	Q_0	Q^*	T^*	β	f	F
	0.2	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.4	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.5	640	640	0.32	M	6 095	5 370.3
0.90	0.6	882.352 9	882.352 9	0.441 2	M	5 782	5 089
	0.65	>1 669.02	223.606 8	0.111 8	0	4 422.3	4 869.5
	0.75	>1 669.17	223.606 8	0.111 8	0	4 422.3	4 869.5
	0.8	>1 793.16	223.606 8	0.111 8	0	4 422.3	4 869.5
	0.3	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.5	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.6	606.936 4	606.936 4	0.303 5	M	6 127.1	5 390
0.93	0.65	732.265 4	732.265 4	0.366 1	M	5 989.2	5 286.6
	0.7	669.349 4	669.349 4	0.334 7	N	6 282.2	5 068.4
	0.75	646.653 0	646.653 0	0.323 3	N	6 457.3	4 995
	0.8	626.119 1	626.119 1	0.313 1	N	6 607	4 924
	0.2	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.4	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.5	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
0.95	0.65	517.520 2	517.520 2	0.258 8	M	6 192	5 405.3
	0.7	640	640	0.320 0	M	6 095	5 370.3
	0.75	639.809 9	639.809 9	0.319 9	N	6 225.3	5 211.9
	0.8	619.493 3	619.493 3	0.309 7	N	6 374.6	5 140.1
	0.2	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.4	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.5	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
0.97	0.6	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.7	540.061 7	540.061 7	0.27	M	6 179.2	5 407.7
	0.8	649.819 5	649.819 5	0.324 9	M	6 084.8	5 363.2
	0.85	594.768 7	594.768 7	0.297 4	N	6 268	5 286.1

根据表 2 和图 4, 可得到以下结论.

1) 此策略能够激励零售商加大订单量. 当折扣因子 τ 太小且价格折扣期与延期支付的比值 λ 过大时 (如 $\tau = 0.9$, $\lambda > 0.65$), 零售商希望尽早进货从而享受延期支付和价格折扣, 而零售商的这种选择会给供货商带来较大的利润损失. 因此, 作为博弈的主导者, 为追求利润最大, 供货商会增大补货阈值, 迫使零售商马上支付货款.

2) 若 τ 和 λ 取值适当 (如 $\tau = 0.93$, $\lambda = 0.7$), 此策略在激励零售商加大订单量的同时, 还能够激励其尽早支付货款, 从而加速供货商的资金周转, 减少供货商的坏账损失, 增强供应链的稳定性, 从而实现双赢.

3) 当价格折扣因子 τ 固定 (除 0.9 外), 例如 $\tau = 0.93$, 随着 λ 的逐渐增大, 即价格折扣期越来越接近延期支付期时, 零售商先选择在 M 点支付, 后选择在 N 点支付. 由图 4 中供货商和零售商的利润变化趋势知, 零售商希望供货商提供的 λ 越大越好, 而供货商则在 λ 较小时获得的利润较大, 但零售商此时选择在 M 点支付货款. 因此, 如果供货商为加速资金周转, 希望零售商尽早支付货款, 则需选择一个合理的 λ.

4) 多数情况下, 当 λ 固定时, 价格折扣因子 τ 越小, 供货商设置的条件延期策略越能激励零售商尽

早支付货款. 但当 λ 较小时 (如 $\lambda = 0.2$), 无论价格折扣因子 τ 多大, 在零售商选择提前支付货款的情况下, 供货商都会有很大的损失. 因此, 作为主导者, 供货商会选择一个合适的阈值 Q_0 促使零售商选择在 M 点支付.

4 结 论

本文从供货商角度研究了基于价格折扣的有条件延期支付策略问题, 建立了供货商为主导的主从斯坦伯格模型, 给出了模型的求解算法. 数值结果表明: 该策略不仅能刺激零售商增大订单, 还能激励其尽早支付货款, 从而加快供货商的资金周转、降低坏帐和赖账风险, 增强供应链的稳定性, 实现双赢.

参考文献(References)

[1] Paul S, Boden R. The secret life of UK trade credit supply: Setting a new research agenda[J]. The British Accounting Review, 2008, 40(3): 272-281.

[2] Goyal S K. Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments[J]. J of the Operational Research Society, 1985, 36(4): 335-338.

[3] Jamal A M M, Sarkar B R, Wang S. An ordering policy for deteriorating items with allowable shortage and permissible delay in payment[J]. J of Operational Research Society, 1997, 48(8): 826-833.

[4] Chang H J, Hung C H, Dye C Y. An inventory model for deteriorating items with linear trend demand under the condition of permissible delay in payments[J]. Production Planning and Control, 2001, 12(3): 274-282.

[5] Chang H C, Ho C H, Ouyang L Y, et al. The optimal pricing and ordering policy for an integrated inventory model when trade credit linked to order quantity[J]. Applied Mathematical Modelling, 2009, 33(7): 2978-299.

[6] Huang Y F. Economic order quantity under conditionally permissible delay in payments[J]. European J of Operational Research, 2007, 176(2): 911-924.

[7] Ouyang L Y, Teng J T, Goyal S K, et al. An economic order quantity model for deteriorating items with partially permissible delay in payments linked to order quantity[J]. European J of Operational Research, 2009, 194(2): 418-431.

[8] Huang Y F. Optimal retailer's replenishment decisions in the EPQ model under two levels of trade credit policy[J]. European J of Operational Research, 2007, 176(3): 1577 - 1591.

[9] 杨树, 梁樑, 邱昊. 考虑延期支付的斯坦博格库存模型[J]. 系统工程, 2006, 24(4): 21-24.
(Yang S, Liang L, Qiu H. Stackelberg inventory model under delay in payments[J]. Systems Engineering, 2006, 24(4): 21-24.)

[10] Qiu H, Liang L. Determination of the delay in payment from the perspective of supplier[C]. Int Conf on Industrial Engineering and Systems Management. Beijing: IESM, 2007: 236-238.

[11] Zhou Y W, Zhou D. Determination of the optimal trade credit policy: A supplier-Stackelberg model[J]. J of the Operational Research Society, 2013, 64: 1030-1048.

[12] 邱昊, 梁樑, 杨树. 供应商给定延期付款和现金折扣策略下的零售商最优库存策略[J]. 系统工程, 2006, 24(9): 18-23.
(Qiu H, Liang L, Yang S. Optimal retailer's ordering policy under permissible delay in payments and cash discount[J]. Systems Engineering, 2006, 24(9): 18-23.)

[13] 李明芳, 王道平. 基于现金折扣和延期支付的零售商订货和付款策略[J]. 控制与决策, 2010, 25(5): 706-710.
(Li M F, Wang D P. Optimal retailer's replenishment and payment policies under cash discount and trade credit policy[J]. Control and Decision, 2010, 25(5): 706-710.)

[14] 李佐平, 杨爱峰. 双层延期支付及价格折扣条件下零售商的最优库存策略[J]. 工业工程, 2012, 15(1): 76-81.
(Li Z P, Yang A F. Retailer's optimal inventory policy under two−level-trade-credit and price discount[J]. Industrial Engineering Journal, 2012, 15(1): 76-81.)

(责任编辑: 孙艺红)