



基于顾客退货的 闭环供应链运作绩效研究

赵晓敏, 高方方, 林英晖
上海大学 管理学院, 上海 200444

摘要:为了探讨顾客退货情境下的供应链运作绩效问题,采用动态建模方法对产品正向物流和退货逆向物流为一体的闭环供应链系统进行研究,构建生产-分销-市场-退货-再处理-再销售等多个环节的系统运作模型。通过计算机仿真方法模拟不同情境下系统的动态行为规律,着重从产品生命周期视角探讨顾客退货对供应链系统运作绩效的影响;以系统总利润为指标,评估退货率、退货处理时间、产品价格衰减等因素的影响效应。研究结果表明,无论是对长生命周期产品还是短生命周期产品,退货率和产品价格衰减均是影响系统绩效的关键因素,高退货率和高价格衰减会显著削弱供应链整体的盈利能力,导致系统总利润大幅下滑。对于陷入高退货、高价格衰减困境的企业,设定相对较短的退货期限可以在一定程度上改善盈利情况;此外,当加快退货处理速度不会引起额外的成本投资时,快速的退货处理方式对企业更为有益,特别是对短生命周期产品而言,缩短退货环节的处理时间具有非常显著的经济价值。

关键词: 闭环供应链; 顾客退货; 产品生命周期; 动态建模; 系统仿真

中图分类号: F274 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1672-0334.2015.01.006

文章编号: 1672-0334(2015)01-0066-17

1 引言

由于市场竞争的加剧,无理由退货成为众多公司提升服务水平的首要举措,但是日益宽松的退货政策也给企业带来巨大的压力和成本。特别是近年随着网购规模的暴涨,高退货率不断挑战企业的盈利空间,退货原因也呈现多样化趋势,商品描述不清晰、商品质量问题、发货速度慢、服务不好等都会造成顾客退货。以淘宝的海尔官方旗舰店为例,尽管该店在服务质量、发货速度和商品描述方面均高于同行业平均水平,但是退货现象依然频频出现。2014年5月20日淘宝网的公开数据显示,海尔官方旗舰店近30天的退款率为15.75%,退款总次数7980次,其中207次是因为商品质量问题,2161次是因未收到货,1436次为无理由退货。同样,大型商品也面临高退货困境,全友家居官方旗舰店在同一期间的退款率为10%,退款总次数1091次,因商品质量问

题退款9次,未收到货35次,无理由退货564次。

居高不下的退货现象使企业面临着逆向物流的正确处理以及供应链系统的再设计,特别是目前大量的退货并非质量缺陷问题,而多是源于消费者的内心感受,这些无缺陷产品经过退货环节后会再次进入原有渠道进行销售。因此,正向物流与退货逆向物流的重合和交叠,要求企业必须对两种物流进行集成式的闭环供应链管理。尽管企业对从退货管理中获取商业价值的兴趣越来越大,但是在运作层面上仍然较少有研究将正向物流和退货逆向物流集成在一个框架下进行分析。对此,本研究主要从闭环供应链视角,将企业正向物流和逆向物流放置在一个整体运作框架下进行研究,建立包括生产-分销-市场-退货-再处理-再销售等多个环节在内的供应链系统动态模型;借助计算机仿真实验,从产品生命周期视角探讨退货处理时间、退货率、产品价

收稿日期: 2014-05-27 **修返日期:** 2014-10-13

基金项目: 国家自然科学基金(70801041);上海市教育委员会科研创新重点项目(12ZS087)

作者简介: 赵晓敏(1975-),女,山西太原人,管理学博士,上海大学管理学院副教授,研究方向:闭环供应链管理和逆向物流管理等。E-mail:zhaoxiaomin@shu.edu.cn

格衰减等因素对供应链整体盈利能力的影响,从中寻找改善系统运作绩效的管理策略和方法。

2 相关研究评述

退货政策在帮助企业吸引顾客和刺激消费方面发挥了显著作用,但与此同时大量的退货也带来了逆向物流处理成本、库存冗余、产品贬值等一系列新的问题^[1]。实施退货政策能否增加企业利润,理论研究中主要呈现出两种观点。一种观点认为退货政策可以使企业获益,Pasternack^[2]在早期研究中对一个制造商和一个零售商组成的供应链退货问题进行研究,发现在退货政策下,制造商和零售商的期望利润能够获得帕累托改进;Emmons等^[3]的研究表明,当批发价格设置在某一范围时,制造商和零售商可以从退货政策中获得更多利润;Yue等^[4]进一步明确了在信息不对称条件下,能够找到一组条件使制造商和零售商从退货政策中获益。与上述观点不同的是,Granot等^[5]在利用报童模型分析退货政策的影响时发现制造商并不总能从退货政策中获益,一些情形下引入退货政策只是将零售商的利润转移给制造商,这样的结果会导致批发价格和零售价格的上扬;Su^[6]的研究表明,全额退款政策并不利于供应链绩效的优化,客户退货政策在一些情况下会扭曲制造商通过回购契约提升销量的初衷,导致利润下滑;Ai等^[7]在研究更为复杂的不确定需求下的竞争型供应链时,发现完全退货政策并不一定能让制造商和零售商获益,是否采用退货政策需要考虑产品之间的替代程度以及需求不确定性的程度。

理论研究证实了退货政策的正面价值和负面效应,然而在高度竞争的市场环境中,退货管理确实创造了更好的客户价值^[8],因此允许退货日益成为提升企业利润的一项竞争战略^[9]。为了发挥退货政策的积极作用,近几年较多学者聚焦于如何设计合适的退货政策来实现供应链企业的协调。对于制造商和零售商组成的单周期供应链协调问题,申成霖等^[10]比较了一般回购契约、基于差别定价的回购契约和销售回扣契约的协调效果,发现3种契约中只有基于差别定价的回购契约可以实现供应链协调;Chen^[11]提出可以利用批发价格折扣机制实现供应链企业的协调;Ding等^[12]和Chen等^[13]的研究表明,总能找到一种合适的退货政策实现供应链的协调和利润再分配;陈菊红等^[14]的研究进一步证实退货契约有助于增加供应链总体利润,而且协调好退货价与批发价还可以达到多赢局面。

除探讨退货契约本身的影响外,还有一些学者分析顾客退货信息和退款金额对供应链协调的作用。Ruiz-Benitez等^[15]利用报童模型分析单期决策中顾客退货信息对供应链协调的影响,比较了两种情况,一是制造商和零售商在决策制定中考虑顾客退货信息,二是完全忽略顾客退货信息,仅在事后观察退货的影响,他们发现在分散决策下,不考虑顾客退货信息反而更有益于供应链协调并使双方获得更多

利润。对于退款金额,Liu等^[1]的研究表明,当退款金额作为外生变量时,一般的回购契约就可以实现供应链的协调;但是当退款金额作为内生决策变量时,回购契约通常无法实现供应链协调,分散运作下的利润将始终低于集中运作下的利润。Xiao等^[16]的研究进一步明确了退款金额对参与主体决策制定和盈利能力的重要作用,认为当消费者方面的估价风险很小时,全额退款更有益于供应链协调;而当消费者方面的估价风险较大时,则倾向于采取不退货的策略。

上述研究主要假定市场需求为产品价格的函数,或是假定需求服从某一参数分布,然而在强调时间竞争的运作环境中,交货时间作为服务质量的一项重要指标会影响消费者的购买意愿,进而影响市场需求。对此,Xiao等^[17]在消费者效用函数中综合考虑产品质量、产品价格、服务质量和退货损失的影响(其中服务质量以产品交货时间衡量),采用博弈论方法深入探讨质量保障政策下制造商的最优交货时间和最优批发价格以及零售商的最优销售价格,并通过收入共享合同对供应链进行协调,该研究对时间导向的供应链退货管理及决策制定具有积极的理论价值。

时间因素的提出促使研究从单期静态模型向多期动态模型转变,然而由于系统复杂性,针对退货管理的动态研究成果还相对较少,仅见于Guide等^[18]、肖迪等^[19]和Ketzenberg等^[20]的研究。Guide等^[18]建立商业退货下的闭环供应链网络流模型,分析时间延迟对供应链绩效的影响,研究结果表明,对于贬值较快的产品,加快逆向回收处理速度会带来显著的收益;肖迪等^[19]从库存角度提出基于产品时间价值的闭环供应链经济订购批量订货模型,研究结果表明,产品价值衰减越快,企业制定的最优再制造批量和生产批量应越小,以此避免快速的价值损失;Ketzenberg等^[20]在分析退货物流对销量和收益的影响时探讨回收速度的问题,通过两阶段模型显示,如提高产品价值恢复的速度将提升整体的收益。Guide等^[18]、肖迪等^[19]和Ketzenberg等^[20]对供应链的动态建模提供了不同的解决思路,但这些研究均没有考虑产品生命周期,在模型构建中也没有考虑每个时点的决策变化以及物流和信息流的传递机制,研究还主要局限于需求稳定阶段下的退货管理^[18]、需求率和回收率固定条件下的最优订购量^[19]以及单期销售季节分割为两个阶段的最优定价和新品订购量^[20]方面。

与Guide等^[18]、肖迪等^[19]和Ketzenberg等^[20]的研究相比,本研究侧重于以下两个方面。①聚焦于企业微观运作层面,根据物流和信息流的传递机制,从时间维度建立生产-分销-市场-退货-再处理-再销售等多环节的闭环供应链系统动态运作模型;②从产品生命周期视角探讨供应链退货管理问题,借助计算机仿真方法分析不同生命周期模式下退货率、退货处理时间、产品价格衰减、无缺陷退货比例和逗留时间等因素对供应链系统盈利能力的影响。

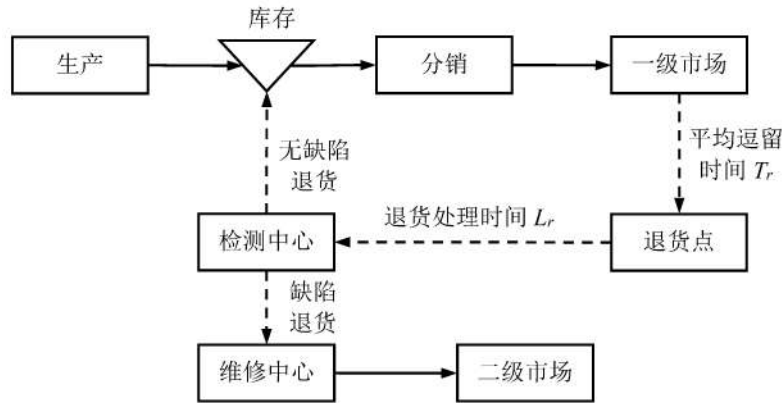


图1 基于顾客退货的闭环供应链系统

Figure 1 Closed-loop Supply Chain System with Customer Returns

3 系统描述和研究假设

本研究的供应链系统边界如图1所示,图中实线为正向物流,虚线为退货流。整个运作流程如下。制造商每期对一级市场的需求进行预测,并根据当前的库存信息制定生产计划补充库存;库存中包括制造商生产好的产品以及顾客退回的无缺陷产品,这些产品经过分销渠道销售给一级市场的顾客;一级市场的产品中有一部分因质量缺陷或消费者喜好等原因被退货;退货点的产品在一段时间后进入检测中心,经检测没有任何质量缺陷的产品将再次销往一级市场,而缺陷产品则进入维修中心进行维修,之后以较低价格销往二级市场。

研究中主要有以下假设条件。

假设1 市场需求遵循产品生命周期规律,包括成长、成熟和衰退3个阶段,成长期的特点是需求快速增长,成熟期的需求则相对平稳,衰退期的需求逐渐回落直至退出市场。

假设2 顾客购买产品后会因质量缺陷或喜好等原因退货,产品在顾客手中的平均逗留时间为 T_r ,即产品在顾客手中平均停留 T_r 时间后退货;退货率为 ρ ;退货中无缺陷产品比例为 λ 。

假设3 在产品生命周期内的退货都会再次销售,没有任何质量缺陷的产品进入原销售渠道进行销售,有质量缺陷的产品经过维修后以较低价格销往二级市场。

假设4 对产品生命周期外的退货进行统一处理,低价卖给回收商。

假设5 出现产品缺货时,因未能及时提供给客户而错失销售机会,这里按当前的产品销售价格衡量缺货损失。

假设6 由于技术更新和外部竞争等因素,产品的价格会随时间而贬值,假定产品的价格随时间呈指数衰减。

4 基于产品生命周期的需求模型和退货模型

4.1 需求模型

本研究对产品生命周期内的需求进行描述时,

主要借鉴Geyer等^[21]的研究成果,包括成长、成熟和衰退3个阶段,其模型为

$$q(t) = \begin{cases} \frac{Q\theta^2 t}{(\theta-1)T^2} & \text{当 } 0 \leq t \leq \frac{T}{\theta} \\ \frac{Q\theta}{(\theta-1)T} & \text{当 } \frac{T}{\theta} < t \leq \frac{T(\theta-1)}{\theta} \\ \frac{Q\theta^2(T-t)}{(\theta-1)T^2} & \text{当 } \frac{T(\theta-1)}{\theta} < t \leq T \end{cases}$$

其中, $q(t)$ 为第 t 期一级市场的顾客需求; Q 为整个生命周期内的市场总需求, $Q = \int_0^T q(t) dt$; θ 为成熟期的时间参数; T 为产品生命周期的长度; $\frac{T}{\theta}$ 为成熟期的开始时间, $\frac{T(\theta-1)}{\theta}$ 为成熟期的结束时间。本研究令 D 为

成熟期的需求数量, $D = \frac{Q\theta}{(\theta-1)T}$,则需求模型为

$$q(t) = \begin{cases} \frac{D\theta t}{T} & \text{当 } 0 \leq t \leq \frac{T}{\theta} \\ D & \text{当 } \frac{T}{\theta} < t \leq \frac{T(\theta-1)}{\theta} \\ \frac{D\theta(T-t)}{T} & \text{当 } \frac{T(\theta-1)}{\theta} < t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

4.2 退货模型

根据Georgiadis等^[22-23]的研究,退货数量通常与产品的需求、销售模式、退货时间等因素相关。假定产品在顾客手中平均逗留 T_r 时间后退货,退货率为 ρ ,则第 t 期退货数量为 $r(t)$, $r(t) = \rho q(t-T_r)$,表示第 t 期的退货来自 $(t-T_r)$ 期销往一级市场的产品,根据(1)式的需求模型,第 t 期的退货模型为

$$r(t) = \begin{cases} \frac{\rho D\theta(t-T_r)}{T} & \text{当 } T_r \leq t \leq \frac{T}{\theta} + T_r \\ \rho D & \text{当 } \frac{T}{\theta} + T_r < t \leq \frac{T(\theta-1)}{\theta} + T_r \\ \frac{\rho D\theta(T-t+T_r)}{T} & \text{当 } \frac{T(\theta-1)}{\theta} + T_r < t \leq T + T_r \end{cases} \quad (2)$$

4.3 边际时间价值

Blackburn等^[24]在研究中指出,产品的价值会随

时间而损耗,一些以时尚元素为特征的短生命周期产品对时间高度敏感,表现为产品的价格随时间迅速贬值。在进一步的定量研究中,Guide等^[18]对惠普公司打印机和博世公司电动工具的退货问题进行分析,并主要探讨需求处于稳定阶段的退货管理和逆向供应链设计。依据惠普公司和博世公司的数据,在稳定阶段,打印机和电动工具的需求相对固定,但产品的价格随时间呈指数衰减,打印机的价格衰减指数约为每周1%,电动工具的价格衰减指数约为每月1%。借鉴Guide等^[18]的研究,本研究同样假定产品的价格随时间呈指数衰减,即

$$P(t) = P(0)e^{-\alpha t} \quad (3)$$

$$P_r(t) = \delta_r P(t) \quad (4)$$

其中, $P(t)$ 为第 t 期产品在一级市场的价格; $P(0)$ 为初始时刻的定价; α 为价格衰减参数; $P_r(t)$ 为第 t 期产品在二级市场的价格,二级市场主要销售维修后的产品,因此价格低于一级市场售价; δ_r 为一级市场与二级市场价格之间的比例, $0 < \delta_r < 1$ 。

5 闭环供应链动态运作模型

本部分主要针对图1所示系统建立闭环供应链动态运作模型,根据正向物流和退货逆向物流的运作机制,从时间维度分析生产-分销-市场-退货-再处理-再销售各环节中决策变量、控制变量和运作策略之间的相互关系,从而建立整个系统的时域模型。

5.1 需求预测

生产商在制定生产计划时需要下游顾客的需求进行预测,本研究采用指数平滑法进行预测。该方法简便易行,是实践中应用最为普遍的一种预测技术,同时也是供应链理论分析中经常采用的预测方法^[25-27],预测公式为

$$\hat{q}(t) = \beta q(t-1) + (1-\beta)\hat{q}(t-1) \quad (5)$$

其中, $\hat{q}(t)$ 为第 t 期的需求预测值; β 为指数平滑系数, $0 < \beta < 1$; $q(t-1)$ 为第 $(t-1)$ 期的实际需求; $\hat{q}(t-1)$ 为第 $(t-1)$ 期的需求预测值。

5.2 生产决策

产品的生产数量 q_m 是决策变量,在决策过程中,生产商根据对下游顾客需求的预测情况和当期的库存位置信息决定生产多少产品,即

$$q_m(t) = (L_m + \tilde{T})\hat{q}(t) + ss(t) - I_p(t)$$

其中, $q_m(t)$ 为第 t 期产品的生产数量; L_m 为生产提前期,即从下达生产订单到将产品生产出来的时间; \tilde{T} 为库存盘点周期; $ss(t)$ 为安全库存; I_p 为库存位置信息。

第一项 $(L_m + \tilde{T})\hat{q}(t)$ 的作用是保证生产提前期和库存盘点周期内不会发生缺货现象。

第二项 $ss(t)$ 是为防范需求波动而设置的安全库存。理论分析中 $ss(t)$ 的计算较复杂,对此Disney等^[26]和Dejonckheere等^[27]认为可以将提前期放大 L_s 期,利

用增多的 L_s 期库存代替安全库存以简化计算。这里仍沿用Disney等^[26]和Dejonckheere等^[27]的方法,生产数量 q_m 的表达式可写为

$$q_m(t) = (L_m + \tilde{T} + L_s)\hat{q}(t) - I_p(t) \quad (6)$$

5.3 库存位置信息

$I_p(t)$ 为第 t 期的库存位置信息,反映了生产商的实际库存、在制品库存以及退货渠道无缺陷产品在途库存的综合信息,表达式为

$$I_p(t) = I_s(t) + I_{WIP}(t) + I_{WR}(t) \quad (7)$$

其中, $I_s(t)$ 为第 t 期的实际库存, $I_{WIP}(t)$ 为第 t 期生产渠道中的在制品库存, $I_{WR}(t)$ 为第 t 期退货环节中无缺陷产品的在途库存。

5.4 实际库存

$I_s(t)$ 为第 t 期生产商的实际库存,与上期实际库存、当期需求(出库的货物数量)、当期入库货物数量有关,当期入库货物包括当期生产的产品和当期退回仓库的无缺陷产品,表达式为

$$I_s(t) = I_s(t-1) + q_m(t-L_m) + \lambda r(t-L_r) - q(t) \quad (8)$$

其中, $I_s(t-1)$ 为 $(t-1)$ 期实际库存; L_r 为退货处理时间; $q_m(t-L_m)$ 为第 t 期生产完成、可以补充入库的产品数量,由于生产提前期的延滞,这批产品是在第 $(t-L_m)$ 期投入生产,经过 L_m 时间后,在第 t 期补充入库; $\lambda r(t-L_r)$ 为第 t 期退回仓库的无缺陷产品数量, $r(t-L_r)$ 为第 $(t-L_r)$ 期产生的退货,这批退货经过退货处理时间 L_r 后作为库存进入仓库,用于再次满足顾客需求。

5.5 渠道在制品库存/在途库存

John等^[28]认为应当把渠道中的在制品库存和在途库存信息反映到生产过程中,这样既有利于系统的稳定性,又能够改善系统的动态性能。本研究涉及的渠道库存主要包括生产渠道中的在制品库存 I_{WIP} 和退货环节中无缺陷产品的在途库存 I_{WR} 。

根据John等^[28]的定义,生产渠道在制品库存 I_{WIP} 是生产订单与订单完成之差的累积之和,即生产渠道在制品库存与上期在制品库存、当期要生产的产品数量和当期已生产好的产品数量有关,表达式为

$$I_{WIP}(t) = I_{WIP}(t-1) + q_m(t) - q_m(t-L_m) \quad (9)$$

其中, $I_{WIP}(t-1)$ 为第 $(t-1)$ 期在制品库存。

退货环节中无缺陷产品的在途库存 I_{WR} 与无缺陷产品的退货数量和退货后的处理时间相关。根据Inderfurth等^[29]和Kiesmüller^[30]的研究,在分析逆向物流的在途库存时,需要进一步考虑逆向物流处理时间的延滞和正向物流中补货提前期的共同影响,借鉴该研究成果,无缺陷产品在途库存 I_{WR} 的表达式为

$$I_{WR}(t) = \sum_{i=L_r}^{L_r-L_m} \lambda r(t-i) \quad (10)$$

其中, $r(t-i)$ 为第 $(t-i)$ 期的退货,在第 t 期尚未入库,作为渠道中的在途库存信息影响决策制定; $i = L_r, L_r-1, \dots, L_r-L_m$ 。

5.6 二级市场的销量

如前所述,第 t 期的退货数量为 $r(t)$,退货中的无

缺陷比例为 λ , 因此第 t 期的缺陷产品数量为 $(1-\lambda)r(t)$, 这些缺陷产品经维修后将销往二级市场, 由于从退货到检测再到维修环节均需要一定的处理时间, 考虑时间的延滞效应, 第 t 期二级市场的销量 $q_s(t)$ 的表达式为

$$q_s(t) = (1-\lambda)r(t-L_r-l_r) \quad (11)$$

其中, l_r 为缺陷产品的维修时间。

6 系统动态仿真

本研究在模型构建中考虑生产提前期 L_m 、退货处理时间 L_r 、缺陷产品的维修时间 l_r 和平均逗留时间 T_r , 多环节的时滞效应使问题的求解变得相当困难。为此, 本研究借助计算机仿真方法模拟和再现不同情境下的系统动态行为, 通过各影响因素的分析寻找改善系统运作绩效的管理策略和方法。根据(1)式~(11)式, 利用Matlab软件中的Simulink工具搭建仿真模型, 对图1所示系统进行动态模拟, 仿真步骤和仿真模型略, 作者备索。

6.1 仿真参数设置

仿真中基本参数设置为, $L_m = 5$ 天, $\beta = 0.5$, $L_s =$

0.1天, $\tilde{T} = 1$ 天, $l_r = 20$ 天。

退货环节的主要影响参数设置为, ρ 分别取值为5%和30%, λ 分别取值为20%、40%和60%, L_r 分别取值为10天、20天、30天、40天和50天, T_r 分别取值为10天、15天和30天。

根据产品生命周期特点, 表1给出4种生命周期模式。

6.2 动态仿真曲线

在微观运作层面, 产品的生产数量和实际库存是反映供应链动态绩效的关键指标^[25-28], 为此, 这里着重展示4种生命周期模式下生产数量和实际库存随时间的动态变化。以 $\lambda = 20\%$ 和 $T_r = 10$ 天的数据为例进行说明, $\lambda = 40\%$ 和 $\lambda = 60\%$ 呈现的规律与 $\lambda = 20\%$ 时大体相同, $T_r = 15$ 和 $T_r = 30$ 天时呈现的规律与 $T_r = 10$ 天时大体相同。

6.2.1 短生命周期-长成熟期

图2给出短生命周期-长成熟期模式下产品的生产数量和实际库存随时间的动态变化, 成熟期的时间跨度从第25天开始到第275天结束。由图2可以

表1 产品生命周期模式
Table 1 Product Lifecycle Patterns

模式	生命周期参数	成长期-成熟期-衰退期特点	生命周期图形
短生命周期-长成熟期 (模式 I)	$T = 300$ $\theta = 12$	成长期和衰退期各占 $\frac{T}{12}$, 成熟期占 $\frac{5T}{6}$, 成熟期较长	
短生命周期-短成熟期 (模式 II)	$T = 300$ $\theta = 4$	成长期和衰退期各占 $\frac{T}{4}$, 成熟期占 $\frac{T}{2}$, 成熟期较短	
长生命周期-长成熟期 (模式 III)	$T = 900$ $\theta = 12$	成长期和衰退期各占 $\frac{T}{12}$, 成熟期占 $\frac{5T}{6}$, 成熟期较长	
长生命周期-短成熟期 (模式 IV)	$T = 900$ $\theta = 4$	成长期和衰退期各占 $\frac{T}{4}$, 成熟期占 $\frac{T}{2}$, 成熟期较短	

注: 在仿真时, 假定成熟期的市场需求 D 稳定在1, 这种归一化处理并不影响研究结果; 生命周期图形中的实线为市场需求。

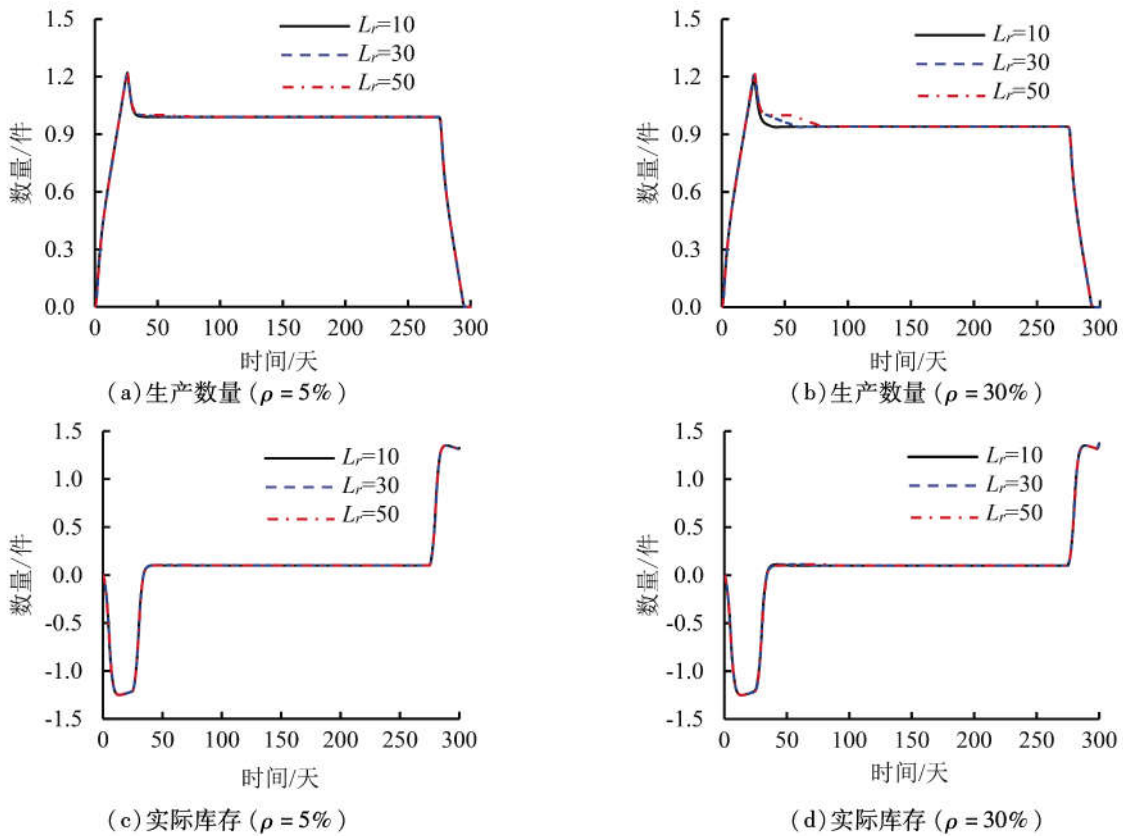


图2 产品生产数量与实际库存的动态变化(短生命周期-长成熟期)

Figure 2 Dynamic Changes of Production Quantity and Actual Inventory (Short Lifecycle-Long Maturity)

看出,①在0天~25天的成长期阶段,由于需求不断增长,产品的生产数量在此阶段不断加大,但是由于生产环节的时间延迟问题,使供应量一时难以跟上需求的快速增长,导致此阶段出现供不应求的局面,库存方面出现持续缺货现象;②在25天~275天的成熟期阶段,需求相对稳定,产品的生产数量经过短暂调整后逐渐与需求匹配,产品缺货现象随之改善,库存逐渐稳定在设定的安全库存水平;③在275天~300天的衰退期阶段,需求迅速回落,产品的生产数量随之快速下降直至为零,但是由于生产对需求的响应延迟,导致此阶段出现库存积压问题,越是衰退阶段的后期,库存积压现象越严重。

6.2.2 短生命周期-短成熟期

图3给出短生命周期-短成熟期模式下产品的生产数量和实际库存随时间的动态变化,成熟期的时间跨度从第75天开始到第225天结束。从图3可以看出,①在0~75天的成长期阶段,由于需求不断增长,产品的生产数量在此阶段稳步上升;之后进入成熟期(第75天~第225天),需求相对稳定,产品的生产数量经过瞬时调整后逐渐稳定,这种情形一直维持到衰退期的出现;在第225天后产品进入衰退期,需求快速回落,产品的生产数量随之快速下降,直至为零。②由于生产时间的延迟,产品供应量难以快速跟随需求的变化,表现为成长期阶段产品供不应求,出现缺货现象,衰退期阶段又供过于求,出现库存积压问题。

对比图2和图3可以发现,①生产方面均呈现与需求相一致的变化走势,并在成长期进入成熟期的临界状态出现短暂调整,相对来说,长成熟期时的瞬时调整幅度更大一些;②库存方面,均表现为成长期阶段缺货现象严重,衰退期阶段库存积压严重,但是比较而言,短成熟期时的缺货程度和库存积压程度明显小于长成熟期,但是缺货时间和库存积压时间显著变长。

6.2.3 长生命周期-长成熟期

图4给出长生命周期-长成熟期模式下产品的生产数量和实际库存随时间的动态变化,成熟期的时间跨度从第75天开始到第825天结束。可以看出,①生产数量随时间的变化规律与需求相一致,呈现增长-稳定-下降直至停产的总体走势。②库存方面,表现为成长期阶段面临缺货现象,衰退期阶段面临库存积压问题,只有在成熟期阶段生产与需求相匹配,库存维持在既定的安全水平。

6.2.4 长生命周期-短成熟期

图5给出长生命周期-短成熟期模式下产品的生产数量和实际库存随时间的动态变化,成熟期的时间跨度从第225天开始到第675天结束。在此模式下,①生产方面呈现与需求相一致的变化规律,在成长期进入成熟期和成熟期进入衰退期的临界状态出现的瞬时调整几乎可以忽略;②库存方面,表现为成长期阶段以缺货为主要问题,衰退期阶段以库存积压为主要问题。此外,与图4所示的长成熟期下的库存

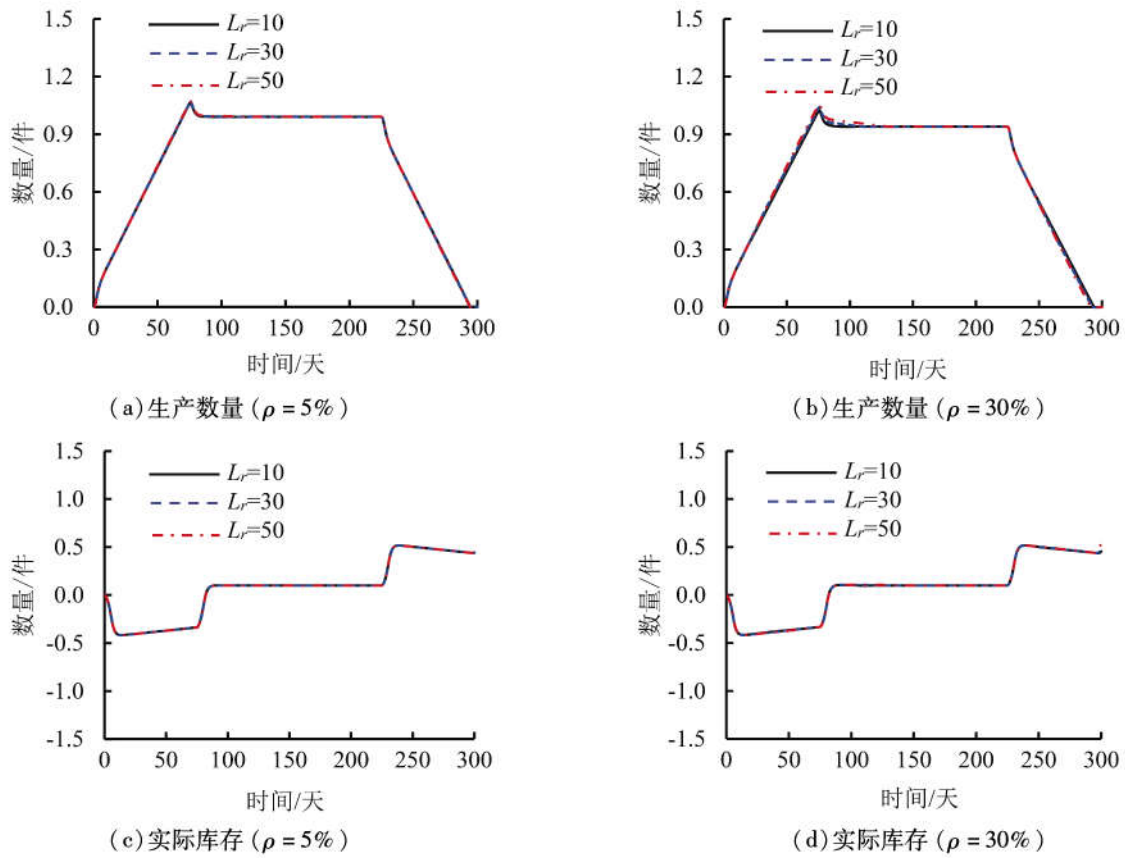


图3 产品生产数量与实际库存的动态变化(短生命周期-短成熟期)

Figure 3 Dynamic Changes of Production Quantity and Actual Inventory (Short Lifecycle-Short Maturity)

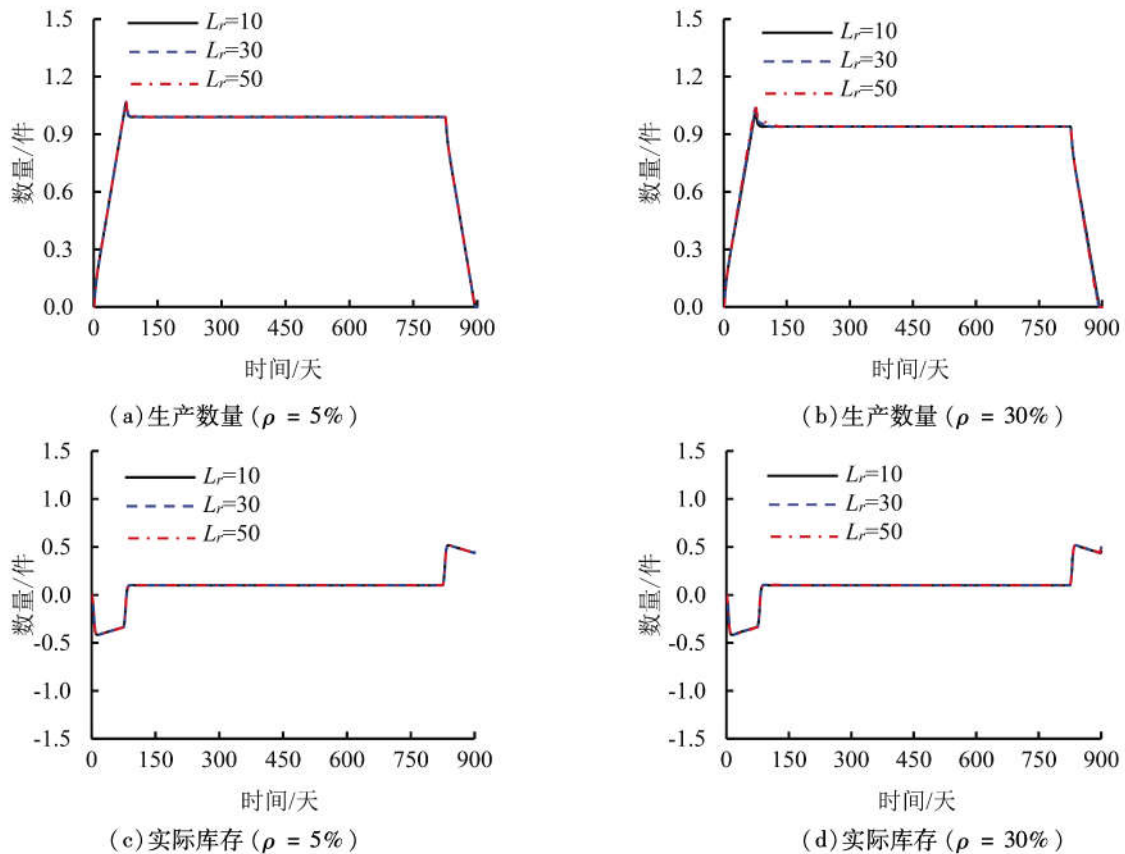


图4 产品生产数量与实际库存的动态变化(长生命周期-长成熟期)

Figure 4 Dynamic Changes of Production Quantity and Actual Inventory (Long Lifecycle-Long Maturity)

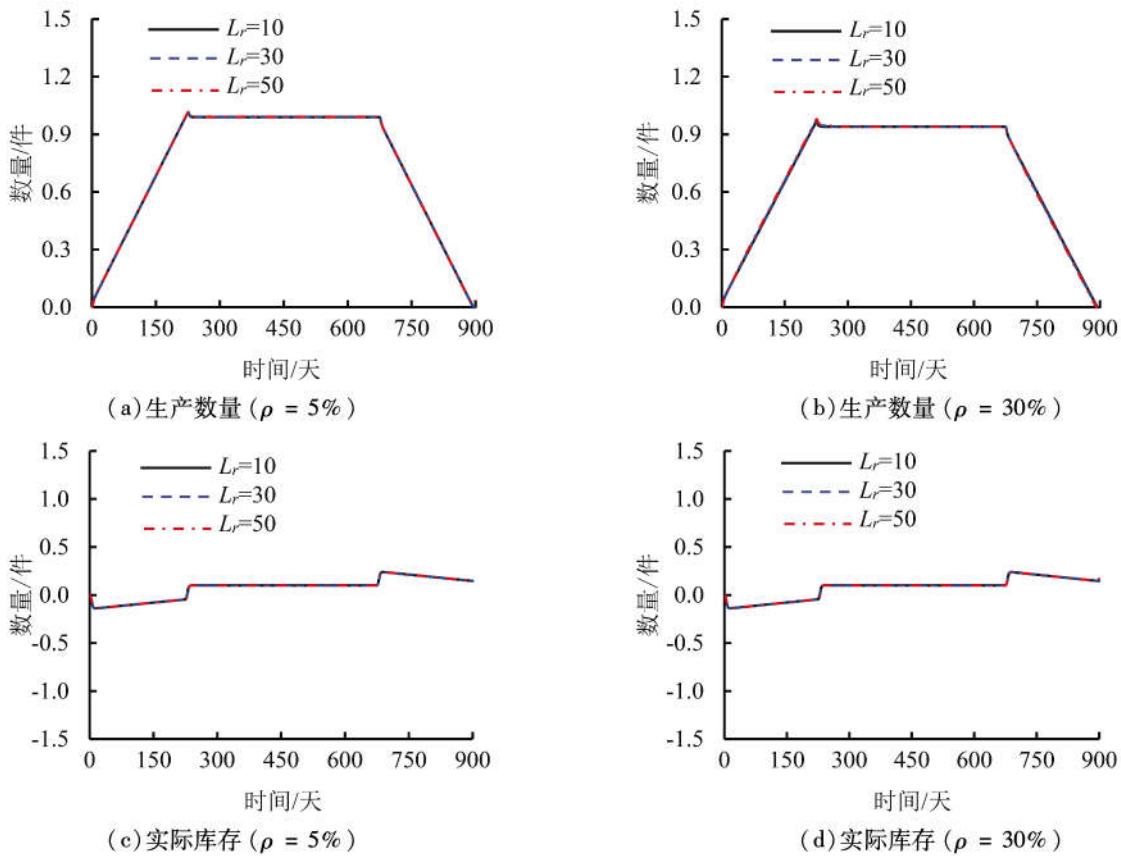


图5 产品生产数量与实际库存的动态变化(长生命周期-短成熟期)

Figure 5 Dynamic Changes of Production Quantity and Actual Inventory (Long Lifecycle-Short Maturity)

水平相比,短成熟期下的缺货程度和库存积压程度明显减弱,但是缺货时间和库存积压时间显著变长。

总体上,无论是短生命周期产品还是长生命周期产品,均表现为,①生产方面紧随需求的变化节奏,在成长期阶段生产数量不断上升,在成长期进入成熟期的临界状态会出现短暂调整,之后相对稳定,并一直持续到衰退期的到来,而在成熟期进入衰退期的临界状态,生产的瞬时调整微乎其微。②库存方面,均在成长期阶段因供不应求出现持续缺货现象,而在衰退期阶段又因供过于求出现库存积压问题,在成熟期阶段由于生产与需求达到平衡,库存水平相对稳定,维持在既定的安全水平。

7 经济绩效评估

在衡量经济绩效方面,除考虑生产成本和库存成本外,还需要将逆向退货环节的相关处理成本纳入其中。以 $[0, T + T_r]$ 时期内的系统总利润为评估指标,进一步探讨整个生命周期内退货率、价格衰减参数、退货处理时间等因素对供应链整体经济绩效的影响。

7.1 评估指标

根据产品生命周期的特点,顾客对产品的需求从初始时刻开始延续到 T 时期结束,但是在退货政策下,还需考虑 T 时期之后产生的顾客退货损失,这些退货延续到 $(T + T_r)$ 期结束,因此本研究在衡量系

统经济绩效时,是以 $[0, T + T_r]$ 时期内的系统总利润为评估指标,总利润模型为

$$\begin{aligned} \Pi = & \sum_{t=0}^T \{q(t)P(t) + q_s(t)P_r(t) - q_m(t)c_m(t) - \\ & q_s(t)c_r(t) - r(t)h_e - r(t)P(t - T_r) - \\ & h_s(t)[I_s(t)]^+ - P(t)[I_s(t)]^-\} + \\ & \sum_{t=T+1}^{T+T_r} [r(t)P_w - r(t)P(t - T_r)] \end{aligned} \quad (12)$$

其中, Π 为 $[0, T + T_r]$ 时期的系统总利润; $c_m(t)$ 为第 t 期单位生产成本; $c_r(t)$ 为第 t 期缺陷产品的单位维修成本; h_e 为单位退货处理成本; $P(t - T_r)$ 为第 $(t - T_r)$ 期产品在一级市场的价格,即退货产品按照顾客购买时的原价退款; $h_s(t)$ 为第 t 期的单位库存持有成本; $I_s(t)$ 为第 t 期的实际库存, $I_s(t)^+$ 表示实际库存大于零, $I_s(t)^-$ 表示实际库存小于零,即处于缺货状态; P_w 为单位处理价格。当实际库存小于零时,缺货成本按产品销售价格 $P(t)$ 衡量损失。

在 $[T + 1, T + T_r]$ 期,产品的生命周期虽然已经结束,但还会有退货产品产生,此阶段产品已经退出市场,不能再进行销售,因此假定生命周期结束后的退货将集中以单位处理价格 P_w 卖给废品回收商。因此, $[T + 1, T + T_r]$ 期的退货残值为 $r(t)P_w$,退货成本为 $r(t)P(t - T_r)$ 。

7.2 参数设置

本研究重点探讨产品生命周期内退货率、价格

表2 系统参数
Table 2 System's Parameters

	$\alpha/\%/月$	$L_r/天$	λ	ρ	$T_r/天$	θ	$T/天$
第1组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	10		
第2组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	15	12	
第3组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	30		300
第4组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	10		
第5组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	15	4	
第6组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	30		
第7组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	10		
第8组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	15	12	
第9组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	30		900
第10组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	10		
第11组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	15	4	
第12组	1%, 5%, 10%	50, 40, 30, 20, 10	20%, 40%, 60%	5% 30%	30		

注:第1组~第3组数据针对短生命周期-长成熟期产品,第4组~第6组数据针对短生命周期-短成熟期产品,第7组~第9组数据针对长生命周期-长成熟期产品,第10组~第12组数据针对长生命周期-短成熟期产品。

衰减参数、无缺陷品比例、退货处理时间以及产品在顾客手中的逗留时间对系统总利润的影响,这些参数的设置见表2。

价格/成本参数设置如下。 $P(0) = 1$,此处为归一化处理,并不影响结果;新品生产成本占新品销售价格的比例为 δ_{cm} , $\delta_{cm} = \frac{c_m(t)}{P(t)} = 50\%$;二级市场销售价格占一级市场销售价格的比例为 δ_r , $\delta_r = \frac{P_r(t)}{P(t)} = 80\%$;缺陷产品的维修成本占二级市场售价的比例为 δ_{cr} , $\delta_{cr} = \frac{c_r(t)}{P_r(t)} = 40\%$;库存持有成本占新品销售价格的比例为 δ_h , $\delta_h = \frac{h_s(t)}{P(t)} = 20\%$;缺货成本按产品销售价格

$P(t)$ 衡量损失;单位退货处理成本 h_s 设置为固定值0.050;产品生命周期结束后退回的产品统一卖给废品回收商,并假定每个退货品的处理价格 P_w 为0.045。

7.3 数据采集

仿真实验共涉及 $2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 3 \times 5 \times 3 = 1080$ 种不同组合。 T 的取值为300和900, θ 的取值为12和4, α 的取值为1%、5%和10%, ρ 的取值为5%和30%, λ 的取值为20%、40%和60%, L_r 的取值为50、40、30、20和10, T_r 的取值为10、15和30。根据(12)式,每次仿真需要获得11个变量在 $[0, T + T_r]$ 期的数据信息,见表3。

7.4 数据结果分析

为便于分析不同生命周期模式下的系统总体变

表3 不同组合下需要收集的数据
Table 3 Data Collection in Different Scenarios

生命周期长度	仿真执行过程	变量
$T = 300$ (540种组合)	每次仿真得到11个变量在 $[0, 300 + T_r]$ 期的数据,共执行540次不同组合的仿真运算	系统输入变量: $q(t)$ 系统输出变量: $r(t), q_m(t), q_s(t), I_s(t)$
$T = 900$ (540种组合)	每次仿真得到11个变量在 $[0, 900 + T_r]$ 期的数据,共执行540次不同组合的仿真运算	价格/成本变量: $P(t), P_r(t), c_m(t), c_r(t), h_s(t), P(t - T_r)$

化规律,本研究在得到1080种组合下的利润数据后,采用均值处理方法统计不同因素的影响效应。分析中发现,供应链的盈利能力受 ρ 和 α 的影响显著, λ 、 L 和 T_r 的影响都在一定程度上与 ρ 和 α 有关。因此,在探讨这些因素的影响时,都是在给定 ρ 和 α 的基础上进行均值处理。

7.4.1 退货率的影响

表4给出退货率对供应链系统总利润的影响,可以看出,无论产品属于短生命周期产品还是长生命周期产品,高退货率均会导致系统总利润大幅下滑,特别是当产品迅速贬值时,高退货率的负面影响进一步增强。以短生命周期-长成熟期产品为例,与低退货率($\rho = 5\%$)相比,高退货率($\rho = 30\%$)时利润出现急剧下滑,当 $\alpha = 1\%$ 时,利润平均下滑52.422%; $\alpha = 5\%$ 时,利润平均下滑58.888%; $\alpha = 10\%$ 时,利润平均下滑69.388%。其余3种模式均呈现同样规律,表

明高退货率会明显侵蚀企业的利润空间,并且随着产品价格贬值幅度的增大,这种不利影响会进一步加剧。

相对于长生命周期产品而言,退货率对短生命周期产品的负面影响更为显著。表4数据表明,对于短生命周期产品而言,高退货率导致利润的平均降幅在52.422%~71.308%之间;对于长生命周期产品而言,高退货率导致利润的平均降幅在35.453%~54.238%之间。从影响幅度看,短生命周期产品受退货率的冲击更为强烈。

7.4.2 价格衰减参数的影响

表5给出价格衰减参数 α 的影响。由表5数据可知,价格衰减参数对供应链系统总利润有显著负向影响。总体看,无论是短生命周期产品还是长生命周期产品,供应链系统总利润均会随着产品衰减参数的加大出现明显下滑,而高退货率则会进一步放大产品价格贬值带来的负面效应。以短生命周期-长成熟期产品为例,①当 $\rho = 5\%$ 时, $\alpha = 1\%$ 时的利润均值为81.673; $\alpha = 5\%$ 时的利润均值为62.587,比 $\alpha = 1\%$ 时利润下滑23.369%; $\alpha = 10\%$ 时的利润均值为44.982,比 $\alpha = 1\%$ 时的利润下滑44.924%。②当 $\rho = 30\%$ 时, $\alpha = 1\%$ 时的利润均值为38.858; $\alpha = 5\%$ 时的利润均值为25.731,比 $\alpha = 1\%$ 时的利润下滑33.782%; $\alpha = 10\%$ 时的利润均值为13.770,比 $\alpha = 1\%$ 时的利润下滑64.563%。其余3种模式均呈现同样规律,表明企业会因产品贬值问题遭受明显的利润损失,并且高退货率会加剧价格贬值的不利影响。

此外,价格衰减参数对长生命周期产品的影响要显著大于短生命周期产品。在低退货率($\rho = 5\%$)下,以 $\alpha = 1\%$ 时的利润为基准进行比较,可以发现, $\alpha = 5\%$ 时,短生命周期产品的利润平均降幅分别为23.369%和23.312%,而长生命周期产品的利润平均降幅为44.783%和44.993%;当 $\alpha = 10\%$ 时,短生命周期产品的利润平均降幅分别为44.924%和44.888%,

表4 退货率的影响
Table 4 Influence of Return Rate

		短生命周期-长成熟期产品		短生命周期-短成熟期产品		长生命周期-长成熟期产品		长生命周期-短成熟期产品	
		利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅
$\alpha = 1\%$	$\rho = 5\%$	81.673	-52.422%	63.271	-53.445%	289.204	-36.339%	239.503	-35.453%
	$\rho = 30\%$	38.858		29.456		184.110		154.591	
$\alpha = 5\%$	$\rho = 5\%$	62.587	-58.888%	48.521	-60.372%	159.689	-42.590%	131.743	-42.010%
	$\rho = 30\%$	25.731		19.228		91.678		76.398	
$\alpha = 10\%$	$\rho = 5\%$	44.982	-69.388%	34.870	-71.308%	84.825	-54.238%	68.173	-53.791%
	$\rho = 30\%$	13.770		10.005		38.818		31.502	

注:表中数据是在给定 α 和 ρ 下,对不同的 λ 、 L 和 T_r 取值时的利润求平均得到;以 $\rho = 5\%$ 的利润均值为基准,比较 $\rho = 30\%$ 时的利润情况,用以说明高退货率的影响。

表5 价格衰减参数的影响
Table 5 Influence of Price Decay Parameter

		短生命周期 - 长成熟期产品		短生命周期 - 短成熟期产品		长生命周期 - 长成熟期产品		长生命周期 - 短成熟期产品	
		利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅
$\rho = 5\%$	$\alpha = 1\%$	81.673		63.271		289.204		239.503	
	$\alpha = 5\%$	62.587	-23.369%	48.521	-23.312%	159.689	-44.783%	131.743	-44.993%
	$\alpha = 10\%$	44.982	-44.924%	34.870	-44.888%	84.825	-70.670%	68.173	-71.536%
$\rho = 30\%$	$\alpha = 1\%$	38.858		29.456		184.110		154.591	
	$\alpha = 5\%$	25.731	-33.782%	19.228	-34.723%	91.678	-50.205%	76.398	-50.581%
	$\alpha = 10\%$	13.770	-64.563%	10.005	-66.034%	38.818	-78.916%	31.502	-79.622%

注:表中数据是在给定 ρ 和 α 下,对不同的 λ 、 L_r 和 T_r 取值时的利润求平均得到;以 $\alpha = 1\%$ 时的利润均值为基准,比较 $\alpha = 5\%$ 和 $\alpha = 10\%$ 时的利润情况, α 越大说明产品贬值越快。

表6 无缺陷退货比例的影响
Table 6 Influence of Non-defect Returns' Proportion

		短生命周期 - 长成熟期产品		短生命周期 - 短成熟期产品		长生命周期 - 长成熟期产品		长生命周期 - 短成熟期产品	
		利润均值	平均增幅	利润均值	平均增幅	利润均值	平均增幅	利润均值	平均增幅
$\alpha = 1\%$	$\lambda = 20\%$	81.545	0.311%	63.150	0.382%	288.975	0.158%	239.309	0.163%
	$\lambda = 60\%$	81.799		63.391		289.433		239.699	
$\rho = 5\%$	$\alpha = 5\%$	62.469	0.378%	48.407	0.471%	159.507	0.228%	131.582	0.245%
	$\lambda = 60\%$	62.705		48.635		159.871		131.904	
$\alpha = 10\%$	$\lambda = 20\%$	44.875	0.477%	34.766	0.595%	84.683	0.334%	68.051	0.357%
	$\lambda = 60\%$	45.089		34.973		84.966		68.294	
$\alpha = 1\%$	$\lambda = 20\%$	38.229	3.191%	29.017	2.895%	183.009	1.152%	153.526	1.365%
	$\lambda = 60\%$	39.449		29.857		185.118		155.622	
$\rho = 30\%$	$\alpha = 5\%$	25.115	4.802%	18.767	4.503%	90.673	2.186%	75.464	2.461%
	$\lambda = 60\%$	26.321		19.612		92.655		77.321	
$\alpha = 10\%$	$\lambda = 20\%$	13.189	8.689%	9.522	9.641%	37.991	4.335%	30.778	4.692%
	$\lambda = 60\%$	14.335		10.440		39.638		32.222	

注:表中数据是在给定 ρ 、 α 和 λ 下,对不同的 L_r 和 T_r 取值时的利润求平均得到。以 $\lambda = 20\%$ 时的利润均值为基准,比较 $\lambda = 60\%$ 时的利润情况,用以说明无缺陷比例的影响。 $\lambda = 20\%$ 表示退货产品中20%的产品是无缺陷产品,代表低无缺陷比例; $\lambda = 60\%$ 代表高无缺陷比例。

而长生命周期产品的利润平均降幅为70.670%和71.536%。高退货率下呈现同样的规律,表明产品价格贬值对长生命周期产品的负向影响更为严重。换言之,如果企业经营的是长生命周期产品,那么快速推出新产品的方法以及同行之间恶性竞争带来价格不断走低的现象都会严重吞噬企业的利润,白色家

电价格战对家电产业的损害便是例证。

7.4.3 无缺陷退货比例的影响

无缺陷退货比例对利润的影响见表6。总体上,无缺陷产品避免了二次返修成本,对企业利润呈正向影响,表现为企业的利润随无缺陷退货比例的增加而增加,但 λ 的影响幅度与 ρ 和 α 紧密相关。对比 λ

= 20% 和 $\lambda = 60\%$ 的利润均值可以发现, ① 低退货率下 ($\rho = 5\%$), 无论是对于长生命周期产品还是短生命周期产品, λ 的影响都非常轻微, 几乎可以忽略。② 在高退货率下 ($\rho = 30\%$), λ 的影响增强, 以短生命周期 - 长成熟期产品为例, 当 λ 由 20% 上升为 60% 时, $\alpha = 1\%$ 时带来的利润平均增幅为 3.191%, $\alpha = 5\%$ 时带来的利润平均增幅为 4.802%, $\alpha = 10\%$ 时带来的利润平均增幅为 8.689%。其余 3 种模式也呈现同样的规律。

从表 6 可知, 无缺陷退货比例的增加会提升企业利润, 但这一结论仅适用在退货率不变的前提下。就实际情况看, 由于无理由退货政策的推行, 目前出现的大量退货并非质量缺陷问题, 而多是源于消费者的内心感受, 这种无缺陷退货数量的绝对增加势必导致产品退货率的升高。进一步, 退货率的增加又造成企业利润大幅下滑, 其负向影响程度远超过了无缺陷退货比例本身的正向作用。因此, 对企业来讲, 问题的关键在于如何深度把握消费者喜好, 合理引导消费者需求, 避免出现大量的无缺陷退货, 从而在降低产品退货率的基础上改善企业盈利能力。例如, 网上购物中完备的产品介绍和开放的用户评论, 能够在一定程度上减少消费者盲目购买导致的退货现象。此外, 客户信用评级制度和积分制度

也有助于约束退货行为的产生, 如京东商城对客户的拒收行为扣减积分, 多次拒收的客户在参加京东商城促销活动时受到限制; 当当网对消费行为良好的客户进行信誉升级, 并根据信誉级别给予不同的优惠折扣。而出于成本的考虑, 企业也可以制定非质量问题退货由消费者承担运费的政策, 以此规避消费者方面随意退货的风险。

总之, 企业应关注消费者偏好, 在保障消费者无理由退货权利的同时, 采取一些措施合理规避随意退货行为的风险, 在降低无缺陷退货数量的基础上达到降低退货率的目标, 进而提升供应链整体的经济绩效。

7.4.4 退货处理时间的影响

退货处理时间对利润的影响见表 7。总体上, 在低退货率下, 退货处理时间的影响较轻微; 在高退货率下, 退货处理时间的影响增强, 特别是对短生命周期而言, 缩短退货处理时间具有十分重要的意义。对比 $L_r = 50$ 天和 $L_r = 10$ 天的利润均值可以发现, ① 在低退货率下 ($\rho = 5\%$), 退货处理时间由 50 天缩短为 10 天时, 短生命周期产品的利润平均增幅在 1.208% ~ 1.999% 之间, 长生命周期产品的利润平均增幅在 0.168% ~ 0.895% 之间, L_r 的影响相对轻微。② 在高退货率下 ($\rho = 30\%$), 退货处理时间的影响明显许多,

表 7 退货处理时间的影响
Table 7 Influence of Time for Processing Returns

		短生命周期 - 长成熟期产品		短生命周期 - 短成熟期产品		长生命周期 - 长成熟期产品		长生命周期 - 短成熟期产品	
		利润均值	平均增幅	利润均值	平均增幅	利润均值	平均增幅	利润均值	平均增幅
$\rho = 5\%$	$\alpha = 1\%$	$L_r = 50$	81.190	62.836	1.311%	288.756	0.297%	239.294	0.168%
		$L_r = 10$	82.171						
	$\alpha = 5\%$	$L_r = 50$	62.152	48.126	1.590%	159.267	0.528%	131.456	0.437%
		$L_r = 10$	63.044						
$\alpha = 10\%$	$L_r = 50$	44.599	34.521	1.999%	84.453	0.895%	67.908	0.792%	
	$L_r = 10$	45.396							35.211
$\rho = 30\%$	$\alpha = 1\%$	$L_r = 50$	35.971	26.272	22.141%	181.166	3.107%	153.221	1.707%
		$L_r = 10$	41.846						
	$\alpha = 5\%$	$L_r = 50$	23.122	16.646	29.935%	89.058	5.846%	74.636	4.706%
		$L_r = 10$	28.468						
	$\alpha = 10\%$	$L_r = 50$	11.460	7.786	56.139%	36.564	12.493%	29.904	10.835%
		$L_r = 10$	16.236						

注: 表中数据是在给定 ρ 、 α 和 L_r 下, 对不同的 λ 和 T_r 取值时的利润求平均得到; 以 $L_r = 50$ 天时的利润均值为基准, 比较 $L_r = 10$ 天时的利润情况, 用以说明缩短退货处理时间带来的影响。

表8 平均逗留时间的影响
Table 8 Influence of Average Residence Time

		短生命周期 - 长成熟期产品		短生命周期 - 短成熟期产品		长生命周期 - 长成熟期产品		长生命周期 - 短成熟期产品	
		利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅	利润均值	平均降幅
$\alpha = 1\%$	$T_r = 10$	81.848		63.411		289.245		239.584	
	$T_r = 30$	81.436	-0.503%	63.019	-0.618%	289.159	-0.030%	239.388	-0.082%
$\rho = 5\%$	$\alpha = 5\%$	$T_r = 10$	62.745	48.655		159.875		131.860	
	$T_r = 30$	62.376	-0.588%	48.295	-0.740%	159.559	-0.198%	131.579	-0.213%
$\alpha = 10\%$	$T_r = 10$	45.119		34.993		85.088		68.281	
	$T_r = 30$	44.802	-0.703%	34.676	-0.906%	84.637	-0.530%	68.022	-0.379%
$\alpha = 1\%$	$T_r = 10$	39.909		30.548		184.447		155.115	
	$T_r = 30$	37.439	-6.189%	27.939	-8.541%	183.704	-0.403%	153.841	-0.821%
$\rho = 30\%$	$\alpha = 5\%$	$T_r = 10$	26.672	20.201		92.754		77.109	
	$T_r = 30$	24.471	-8.252%	17.859	-11.593%	90.924	-1.973%	75.405	-2.210%
$\alpha = 10\%$	$T_r = 10$	14.591		10.850		40.387		32.156	
	$T_r = 30$	12.680	-13.097%	8.827	-18.645%	37.696	-6.663%	30.597	-4.848%

注:表中数据是在给定 ρ 、 α 和 T_r 下,对不同的 λ 和 L_r 取值时的利润求平均得到;以 $T_r = 10$ 天时的利润均值为基准,比较 $T_r = 30$ 天时的利润情况,用以说明延长平均逗留时间带来的影响。

并且随着价格衰减参数的增大呈现较大幅度增长。以短生命周期-长成熟期产品为例,退货处理时间由50天缩短为10天时, $\alpha = 1\%$ 时利润平均增幅为16.333%, $\alpha = 5\%$ 时利润平均增幅为23.121%, $\alpha = 10\%$ 时利润平均增幅为41.675%。其余3种模式也呈现同样规律,表明在高退货率下缩短退货处理时间对提升企业利润有积极作用。

此外,退货处理时间对短生命周期产品的影响远远大于长生命周期产品。以高退货率($\rho = 30\%$)为例,①当 $\alpha = 1\%$ 时,退货处理时间由50天缩短为10天时,短生命周期产品的利润平均增幅分别为16.333%和22.141%,长生命周期产品的利润平均增幅为3.107%和1.707%;②当 $\alpha = 5\%$ 时,退货处理时间由50天缩短为10天时,短生命周期产品的利润平均增幅分别为23.121%和29.935%,长生命周期产品的利润平均增幅为5.846%和4.706%;③当 $\alpha = 10\%$ 时,退货处理时间由50天缩短为10天时,短生命周期产品的利润平均增幅分别为41.675%和56.139%,长生命周期产品的利润平均增幅为12.493%和10.835%。显然,缩短退货处理时间对短生命周期产品具有更显著的经济意义。

7.4.5 平均逗留时间的影响

平均逗留时间对供应链系统利润的影响见表8。平均逗留时间代表顾客退货的平均时间,仿真数据

表明,企业的利润总体上随平均逗留时间的增加而减少,但是平均逗留时间的影响程度还将视退货率而定,对比 $T_r = 30$ 天和 $T_r = 10$ 天的利润情况可以发现,①在低退货率下($\rho = 5\%$),平均逗留时间由10天增加为30天时,短生命周期产品的利润平均降幅在0.503%~0.906%之间,长生命周期产品的利润平均降幅在0.030%~0.530%之间, T_r 的影响微乎其微。因此在低退货率下,企业可以制定更为宽松的退货期限吸引顾客,而不必担忧对利润的影响。②在高退货率下($\rho = 30\%$), T_r 的影响增强,以短生命周期-长成熟期产品为例,当 $\alpha = 1\%$ 时,平均逗留时间由10天增加为30天时,利润平均下降6.189%;当 $\alpha = 5\%$ 时,利润平均下降8.252%;当 $\alpha = 10\%$ 时,利润平均下降13.097%。其余3种模式也呈现同样规律,表明对于高退货、高贬值的产品,企业需要额外注意退货期限的设置,宽松的退货期限会较多地侵蚀企业的利润。

此外,平均逗留时间对短生命周期产品的影响要明显大于长生命周期产品,特别是在高退货情况下。高退货率($\rho = 30\%$)的数据显示,①当 $\alpha = 1\%$ 时,平均逗留时间由10天增加为30天时,短生命周期产品的利润平均下降6.189%和8.541%,长生命周期产品的利润平均下降0.403%和0.821%;②当 $\alpha = 5\%$ 时,平均逗留时间由10天增加为30天时,短生命周期产品的利润平均下降8.252%和11.593%,长生命周期

产品的利润平均下降1.973%和2.210%;③当 $\alpha = 10\%$ 时,平均逗留时间由10天增加为30天时,短生命周期产品的利润平均下降13.097%和18.645%,长生命周期产品的利润平均下降6.663%和4.848%。由此可见,在高退货率下,企业应更为慎重地对待短生命周期产品的退货期限。

8 进一步的讨论

前一节分析中,假定单位退货处理成本固定不变,即加快退货处理速度不会引起处理成本的增加。例如,服装类的电商在处理退货时,由于绝大多数是无缺陷退货,那么只需退到最近的区域仓库,重新包装后就可以再销售,而不需要退回到中央仓库进行集中处理,这样不仅节约了退货处理时间,也加快了再次销售的速度,这种提高退货处理速度的方法并没有增加退货处理成本,第7部分的研究主要基于这一现实情况。

另外一种情况则是加快退货处理速度会导致退货处理成本的上升。例如,为了缩短退货处理时间,企业需要选择更快捷的运送方式,速度方面的投资增加了企业的处理成本。为此,本节进一步分析速度与成本关联作用下的供应链绩效问题,假定 $h_e = \frac{1}{L_e}$,即退货处理时间越短,处理速度越快,单位退货处理成本就越高。

通过再次仿真发现,在退货率、价格衰减参数、无缺陷退货比例和平均逗留时间方面,单位退货处理成本变化下得到的结论与固定不变时得到的结论一致。①高退货率和高价格衰减对供应链利润有显著负向影响;②在既定退货率下,无缺陷退货比例的增加对供应链利润有正向作用;③平均逗留时间的增加对供应链利润有负向作用。

但是由于 h_e 与 L_e 之间的关联作用,退货处理时间的影响与之前的结果不再一致。具体来说,当单位退货处理成本固定不变时,加快退货处理速度、缩短退货处理时间有助于增加供应链利润;但是当 h_e 变化时,缩短退货处理时间的正面效应被增加的退货处理成本抵消,在此情况下,慢速-低成本的退货处理方式对企业更有益,具体数据见表9。

综合 h_e 变化与 h_e 固定不变时退货处理时间的影响,本研究认为,当单位退货处理成本相对稳定时,缩短退货处理时间可以增加企业利润,特别是对于面临高退货困境的短生命周期产品,减少退货环节的处理时间具有非常显著的经济价值。但是,当加快退货处理速度会引起额外的成本投资时,那么相对慢速而低成本的运作方式对企业更有利。

9 结论

本研究对顾客退货情形下的闭环供应链系统进行研究,着重从产品生命周期视角构建包括产品正向物流和退货逆向物流为一体的供应链动态运作模型,利用计算机仿真方法分析不同生命周期模式下

的系统动态运作行为和经济绩效。研究结果表明,无论是长生命周期产品还是短生命周期产品,其生产均紧随需求的变化节奏,呈现增长-稳定-下降的走势,但是由于生产对需求的响应延迟,导致成长期阶段供不应求,造成持续缺货现象,而衰退期阶段又供过于求,引起库存积压问题。因此,对企业管理者而言,需要额外关注成长期和衰退期阶段生产与需求的有效匹配问题。

进一步,本研究以生命周期内的系统总利润为评估指标,探讨退货政策下不同因素对系统经济绩效的影响。研究结果表明,退货率和产品价格衰减参数均是影响系统整体运作绩效的关键因素,高退货率和高价格衰减参数会显著削弱供应链整体的盈利能力,导致系统总利润大幅下滑。比较而言,退货率对短生命周期产品的影响更为显著,产品价格衰减参数对长生命周期产品的冲击更为突出。

本研究结果还表明,无缺陷退货比例、退货处理时间和平均逗留时间对供应链绩效的影响在一定程度上与退货率和产品价格衰减参数相关。在低退货率下,这3个因素的影响较轻微,可以忽略不计。但是在高退货率下,3个因素的影响效应增强,同时高价格衰减参数会进一步放大其作用,而退货处理时间和退货期限的经济价值非常值得关注。

总体上,本研究得到以下管理启示。①从不同因素的作用看,退货率和价格衰减是非常重要的影响因素,管理者应在合理规避退货风险方面投入更多努力,对于长生命周期产品,还应当适度控制推陈出新的节奏,避免价格战的恶性竞争,以此规避产品价格衰减带来的严重损失。②对于陷入高退货、高价格衰减困境的企业,退货处理时间的选择需要仔细权衡,当退货处理成本相对稳定时,尽可能缩短退货处理时间、加快退货处理速度可以有效增加企业利润。特别是对短生命周期产品而言,快速的退货处理方式能够带来十分显著的经济效益。但是当加快退货处理速度会引起额外的成本投资时,慢速而低成本的运作方式则对企业更有利。③对于短生命周期产品,在面临高退货风险时,管理者应慎重对待退货期限的制定,力求避免设定宽松的退货期限。

需要指出的是,由于多环节闭环供应链系统动态模型构建的复杂性,本研究还局限于确定性过程,没有进一步考虑不同生命周期阶段需求和退货的随机变化,也没有考虑多企业主体分散决策下的影响,导致研究结论具有一定局限性。此外,本研究着重从产品生命周期视角构建顾客退货情形下的供应链动态运作模型,没有从消费者效用方面进行考虑,也未能采用实际的产业数据验证本研究结论,这些都是非常值得研究的问题,还有待在后续工作中展开。最后,本研究主要针对时间敏感性产品,研究中假定产品价格随时间呈指数衰减,并假定不同阶段的衰减参数一样,但是具体到实践中,不同的产品会呈现不一样的价格规律,产品的价格与时间和需求可能呈现出更为复杂的关系,这将有待实际数据的验证

表9 h_e 与 L_r 关联作用下的供应链利润
Table 9 Co-effect of h_e and L_r on the Profits of Supply Chain

	利润均值($\rho = 5\%$)			利润均值($\rho = 30\%$)		
	$\alpha = 1\%$	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 10\%$	$\alpha = 1\%$	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 10\%$
短生命周期 - 长成熟期产品						
$L_r = 10, h_e = 0.100$	81.503	62.376	44.726	37.834	24.459	12.225
$L_r = 20, h_e = 0.050$	81.907	62.798	45.169	40.261	26.998	14.889
$L_r = 30, h_e = 0.033$	81.889	62.801	45.194	40.157	27.015	15.040
$L_r = 40, h_e = 0.025$	81.763	62.697	45.115	39.397	26.395	14.569
$L_r = 50, h_e = 0.020$	81.592	62.553	44.998	38.376	25.528	13.867
短生命周期 - 短成熟期产品						
$L_r = 10, h_e = 0.100$	63.104	48.334	34.653	28.754	18.294	8.820
$L_r = 20, h_e = 0.050$	63.492	48.720	35.045	30.979	20.543	11.128
$L_r = 30, h_e = 0.033$	63.481	48.719	35.059	30.754	20.432	11.150
$L_r = 40, h_e = 0.025$	63.351	48.611	34.976	29.809	19.671	10.581
$L_r = 50, h_e = 0.020$	63.168	48.458	34.855	28.552	18.647	9.788
长生命周期 - 长成熟期产品						
$L_r = 10, h_e = 0.100$	287.558	158.053	83.152	174.460	81.929	28.795
$L_r = 20, h_e = 0.050$	289.431	159.903	85.012	185.611	92.999	39.947
$L_r = 30, h_e = 0.033$	289.909	160.377	85.505	188.354	95.810	42.901
$L_r = 40, h_e = 0.025$	290.024	160.507	85.661	188.907	96.544	43.827
$L_r = 50, h_e = 0.020$	289.989	160.499	85.686	188.567	96.459	43.966
长生命周期 - 短成熟期产品						
$L_r = 10, h_e = 0.100$	238.011	130.345	66.760	145.722	68.035	23.031
$L_r = 20, h_e = 0.050$	239.608	131.886	68.305	155.274	77.277	32.300
$L_r = 30, h_e = 0.033$	240.073	132.305	68.731	158.025	79.773	34.850
$L_r = 40, h_e = 0.025$	240.250	132.442	68.879	159.027	80.579	35.737
$L_r = 50, h_e = 0.020$	240.306	132.467	68.919	159.289	80.704	35.972

注:表中数据是在给定 ρ 、 α 和 L_r 下,对不同的 λ 和 T_r 取值时的利润求平均得到。

和更为广泛的探讨。

参考文献:

- [1] Liu J, Mantin B, Wang H. Supply chain coordination with customer returns and refund-dependent demand [J]. International Journal of Production Economics, 2014, 148: 81-89.
- [2] Pasternack B A. Optimal pricing and return policies for perishable commodities [J]. Marketing Science, 1985, 4(2): 166-176.
- [3] Emmons H, Gilbert S M. Note. The role of returns policies in pricing and inventory decisions for catalogue goods [J]. Management Science, 1998, 44(2): 276-283.

- [4] Yue X, Raghunathan S. The impacts of the full returns policy on a supply chain with information asymmetry [J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 180(2): 630-647.
- [5] Granot D, Yin S. On the effectiveness of returns policies in the price-dependent newsvendor model [J]. *Naval Research Logistics (NRL)*, 2005, 52(8): 765-779.
- [6] Su X. Consumer returns policies and supply chain performance [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2009, 11(4): 595-612.
- [7] Ai X, Chen J, Zhao H, Tang X. Competition among supply chains: Implications of full returns policy [J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 139(1): 257-265.
- [8] Mollenkopf D A, Frankel R, Russo I. Creating value through returns management: Exploring the marketing-operations interface [J]. *Journal of Operations Management*, 2011, 29(5): 391-403.
- [9] Chen J, Grewal R. Competing in a supply chain via full-refund and no-refund customer returns policies [J]. *International Journal of Production Economics*, 2013, 146(1): 246-258.
- [10] 申成霖, 张新鑫, 卿志琼. 服务水平约束下基于顾客策略性退货的供应链契约协调研究 [J]. *中国管理科学*, 2010, 18(4): 56-64.
Shen Chenglin, Zhang Xinxin, Qing Zhiqiong. Supply chain contracts coordination with consumer's strategic returns policies under the service level constraint [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2010, 18(4): 56-64. (in Chinese)
- [11] Chen J. Returns with wholesale-price-discount contract in a newsvendor problem [J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 130(1): 104-111.
- [12] Ding D, Chen J. Coordinating a three level supply chain with flexible return policies [J]. *Omega: The International Journal of Management Science*, 2008, 36(5): 865-876.
- [13] Chen J, Bell P C. Coordinating a decentralized supply chain with customer returns and price-dependent stochastic demand using a buyback policy [J]. *European Journal of Operational Research*, 2011, 212(2): 293-300.
- [14] 陈菊红, 付侠, 苏菊宁. 三级短生命周期产品供应链退货协调研究 [J]. *工业工程与管理*, 2011, 16(1): 28-31.
Chen Juhong, Fu Xia, Su Juning. The coordination of the short life cycle products return in a three-level supply chain [J]. *Industrial Engineering and Management*, 2011, 16(1): 28-31. (in Chinese)
- [15] Ruiz-Benitez R, Muriel A. Consumer returns in a decentralized supply chain [J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 147(C): 573-592.
- [16] Xiao T, Shi K, Yang D. Coordination of a supply chain with consumer return under demand uncertainty [J]. *International Journal of Production Economics*, 2010, 124(1): 171-180.
- [17] Xiao T, Yang D, Shen H. Coordinating a supply chain with a quality assurance policy via a revenue-sharing contract [J]. *International Journal of Production Research*, 2011, 49(1): 99-120.
- [18] Guide V D R, Jr, Souza G C, Van Wassenhove L N, Blackburn J D. Time value of commercial product returns [J]. *Management Science*, 2006, 52(8): 1200-1214.
- [19] 肖迪, 黄培清. 基于产品时间价值的闭环供应链库存策略研究 [J]. *管理工程学报*, 2008, 22(4): 146-148.
Xiao Di, Huang Peiqing. A study on inventory policy of closed loop supply chain based on time value of products [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2008, 22(4): 146-148. (in Chinese)
- [20] Ketzenberg M E, Zuidwijk R A. Optimal pricing, ordering, and return policies for consumer goods [J]. *Production and Operations Management*, 2009, 18(3): 344-360.
- [21] Geyer R, Van Wassenhove L N, Atasu A. The economics of remanufacturing under limited component durability and finite product life cycles [J]. *Management Science*, 2007, 53(1): 88-100.
- [22] Georgiadis P, Vlachos D, Tagaras G. The impact of product lifecycle on capacity planning of closed-loop supply chains with remanufacturing [J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(4): 514-527.
- [23] Georgiadis P, Athanasiou E. The impact of two-product joint lifecycles on capacity planning of remanufacturing networks [J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 202(2): 420-433.
- [24] Blackburn J D, Guide V D R, Jr, Souza G C, Van Wassenhove L N. Reverse supply chains for commercial returns [J]. *California Management Review*, 2004, 46(2): 6-22.
- [25] Nepal B, Murat A, Chinnam R B. The bullwhip effect in capacitated supply chains with consideration for product life-cycle aspects [J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 136(2): 318-331.
- [26] Disney S M, Towill D R. A discrete transfer function model to determine the dynamic stability of a vendor managed inventory supply chain [J]. *International Journal of Production Research*, 2002, 40(1): 179-204.
- [27] Dejonckheere J, Disney S M, Lambrecht M R, Towill

- D R. The impact of information enrichment on the bullwhip effect in supply chains: A control engineering perspective [J]. *European Journal of Operational Research*, 2004, 153(3): 727-750.
- [28] John S, Naim M, Towill D R. Dynamic analysis of a WIP compensated decision support system [J]. *International Journal of Manufacturing System Design*, 1994, 1(4): 283-297.
- [29] Inderfurth K, van der Laan E. Leadtime effects and policy improvement for stochastic inventory control with remanufacturing [J]. *International Journal of Production Economics*, 2001, 71(1/3): 381-390.
- [30] Kiesmüller G P. Optimal control of a one product recovery system with leadtimes [J]. *International Journal of Production Economics*, 2003, 81/82(1): 333-340.

Research on Operational Performance of a Closed-loop Supply Chain with Customer Returns

Zhao Xiaomin, Gao Fangfang, Lin Yinghui

School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China

Abstract: In order to explore the operational performance of a supply chain with customer returns, we use dynamic modeling method to study the closed-loop supply chain system integrating the forward logistics and customer returns. We especially address the system's performance from the perspective of product lifecycle. At first, we develop the dynamic models based on the transfer mechanism of goods flow and information flow in the production, distribution, returning and reselling. Then, we simulate system's behavior under different product lifecycles and different patterns of customer returns, so as to investigate how different factors affect system's operational performance. At last, we take further research on the profitability of supply chain system throughout the whole lifecycle period, and we particularly highlight the effects of return rate, time for processing returns, product price decay, non-defect returns' proportion and average residence time. Our study provides the following findings. Firstly, return rate and price decay are the key factors to the system's performance. Whether it is long lifecycle products or short lifecycle products, high return rate and high price decay will dramatically erode the profitability of the whole supply chain system. Secondly, the influences of non-defect returns' proportion, time for processing returns and average residence time, to a great extent, depend on the return rate and price decay. When return rate is low, these three factors are minor and negligible. However, when return rate is high, the effects of non-defect returns' proportion, time for processing returns and average residence time are enhanced and will be further amplified by high price decay. In practice, the non-defect returns' proportion is usually influenced by the intensity of market competition and customer preference, whose control may be difficult. Hence, we suggest more consideration taken into for processing time of returns and average residence time, as controlling these two factors is possible for companies to get potential benefits. Finally, our study also implicates serious consideration should be taken into for deciding the return deadline in the dilemma of high return rate and considerable price decay. A short return deadline conduces to reducing the average residence time that products stay in the customers, which in turn will benefit companies to improve their profitability. Furthermore, without the extra investments on speeding up the processing returns, fast processing will lead to more profits. Especially for the short lifecycle products, saving time in processing returns will produce significant value to the whole supply chain system.

Keywords: closed-loop supply chain; customer returns; product lifecycle; dynamic modeling; system simulation

Received Date: May 27th, 2014 **Accepted Date:** October 13th, 2014

Funded Project: Supported by the National Natural Science Foundation of China(70801041) and the Shanghai Municipal Education Commission for Key Projects (12ZS087)

Biography: Zhao Xiaomin(1975 - , Native of Taiyuan, Shanxi), Doctor of Management Science and is an Associate Professor in the School of Management at Shanghai University. Her research interests include closed-loop supply chain management and reverse logistics management, etc.
E-mail: zhaoxiaomin@shu.edu.cn

□