

# 线上线下双渠道供应链的库存优化研究综述

李泽彪, 王正成, 潘旭伟

(浙江理工大学管理与科学工程系, 杭州 310018)

**摘要:** 为阐述线上线下双渠道供应链的库存优化研究现状与发展趋势,在梳理相关文献、总结前人工作基础上,分析双渠道供应链的库存模式及其影响因素,归纳和总结现有双渠道供应链库存优化策略,深入讨论马尔科夫库存模型与供应链利润优化模型,最后探讨双渠道供应链的库存优化进一步研究发展方向。

**关键词:** 线上线下; 双渠道供应链; 库存优化; 电子商务

**中图分类号:** F253.4 **文献标志码:** A

## 引言

随着电子商务的高速发展,越来越多的制造商在进行线下渠道销售同时,开通了线上渠道。这种同时开展线上和线下渠道形成的供应链,称为双渠道供应链。双渠道供应链能够帮助制造商挖掘客户需求、增加销售利润,提高供应链效率。目前,全球许多制造商,例如 Apple、HP、lenovo、Haier 等,都采用双渠道供应链开展线上线下商品销售。

近年来,双渠道供应链成为供应链领域的研究热点。国内外学者对双渠道供应链定价、协同优化进行了深入探讨,特别针对双渠道供应链的冲突、定价策略和协调等问题进行了大量讨论和阐述。而在双渠道供应链实际运行过程中,库存优化成为了现有开展双渠道供应链的制造商面临的难点问题之一。Ballou<sup>[1]</sup>认为每年维持供应链库存的耗费大约为整个供应链价值的 20%~40%;Lee H<sup>[2]</sup>阐述了“库存协调”概念,认为库存是供应链提高效率的关键因素之一。为此,深入分析双渠道供应链库存模式、影响因素和优化策略,对供应链的科学研究与实际应用是十分必要的。

## 一、双渠道供应链库存分类与影响因素

### (一)分类

双渠道供应链库存模式延续了供应链的库存模

式,分为集中式库存模式和分散型库存模式两种。

集中式库存模式是指在制造商和零售商中,一方持有并控制库存的模式。该模式按照主体可分为制造商为主导和零售商为主导两种库存模式。制造商为主导的集中库存模式中,线上与线下零售需求均由制造商的库存来满足。在满足线上消费订单同时,线下零售的消费者订单由零售商提交给制造商,再由制造商按照订单需求向零售商发送商品,最后由零售商满足客户需求。零售商为主导的集中库存模式中,零售商的库存除了满足线下零售渠道需求同时还满足线上渠道需求。零售商依据线上和线下渠道需求确定库存商品数量,制造商只需按照零售商需求给其发货,并不和线上线下终端消费者发生直接关系。集中式库存模式详见图 1。

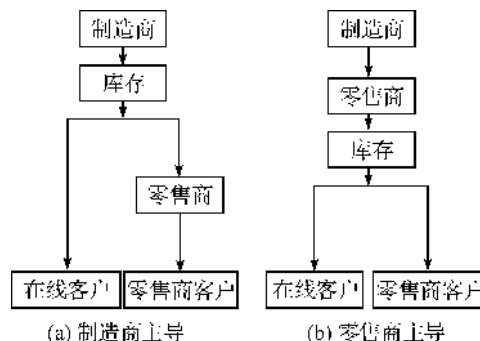


图 1 集中式库存

收稿日期: 2013-07-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71271192);浙江省自然科学基金资助项目(Z6110334)

作者简介: 李泽彪(1978-),浙江建德人,硕士,讲师,研究方向为企业信息化与电子商务。

通信作者: 李泽彪, E-mail: lizebiao163@163.com

分散式库存模式是指在制造商和零售商中,双方都持有并控制库存的模式。该模式中,制造商库存负责线上渠道需求和零售商库存需求,而零售商通过向制造商订货或者补货的方式负责线下渠道需求。由于制造商与零售商无法均衡控制库存,最终该模式会形成 Leader-Follower 的分散库存模式,Yao<sup>[3]</sup>称为 Stackelberg 库存模式。此外,另外一种分散式库存模式为外包库存模式。此模式是制造商和零售商均有自己库存,但制造商把在线销售物订单外包给第三方。比如,HP 就是把在线订单和库存外包给联邦快递<sup>[3]</sup>。分散式库存模式详见图 2。

集中式库存模式和分散式库存模式的优缺点如表 1 所示。在集中式库存中,制造商主导的模式有利于制造商挖掘客户需求,增加制造商利润,而该模式的零售商将受到在线销售影响,利益得不到保障。零售商主导的模式,有利于增加零售商的客户资源和及时处理物流和配送,而与制造商利益分成困难。

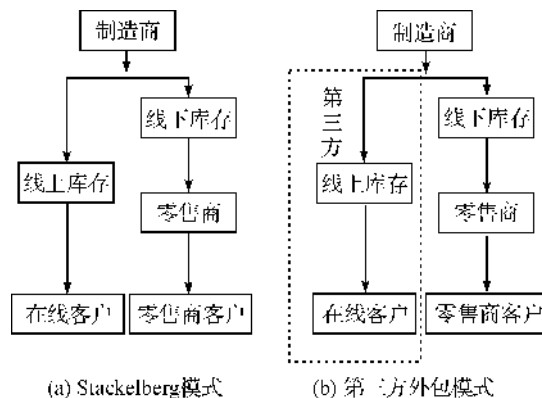


图 2 分散式库存

对于分散式库存的 Stackelberg 模式,由于线上线下结合,降低了配送成本低,提高了供应链运营效率,而供应链的参与主体协同相对困难,利益分成操作难度加大。第三方外包模式,由于不用配置大量人力物力管理在线订单和库存,大大降低单位运营成本,但存在第三方与制造商衔接协同问题,售后服务处理等问题。

表 1 双渠道供应链库存模式优缺点对比

库存模式		优点	缺点
集中式	制造商主导	1) 利于制造商挖掘客户需求 2) 增加制造商利润	1) 零售商受到在线销售影响 2) 零售商利益得不到保证
	零售商主导	1) 零售商增加客户资源 2) 快速处理物流和配送	1) 制造商利益得不到保证 2) 与制造商利益分成困难
分散式	Stackelberg 模式	1) 整个供应链效率高 2) 线上线下结合, 配送成本低	1) 整个供应链协同困难 2) 供应链中利益分成困难
	第三方外包模式	降低单位成本, 不用配置大量人力物力 管理在线订单和库存	受制于第三方; 与制造商衔接问题; 售后服务处理问题

## (二) 影响因素

在双渠道中,库存作为供应链重要衔接环节,对制造商与零售商都起到至关重要的影响。优化双渠道供应链库存,需先从影响因素入手。传统供应链库存影响因素主要为需求不确定性、顾客服务水平<sup>[4-5]</sup>、补货方式、控制策略、提前期<sup>[6]</sup>,而从库存成本、供应链利润和双渠道特点角度,双渠道供应链库存还需要考虑以下因素。

### 1. 需求因素

线上零售渠道的增加,为供应链扩大了总需求量,也扩大了需求的不确定。这种需求变化对双渠道供应链的库存产生重要影响。Bichescu<sup>[7]</sup>发现了需求的不确定性对供应链绩效的强烈影响。这种需求不确定性会增加双渠道供应链库存成本。Yue<sup>[8]</sup>认为需求是不确定的,双渠道中双边需求取决于各自价格体系,可以通过面向库存和面向订单两种模式分别建立价格信息共享机制来消除需求不确定

性。Bernstein<sup>[9]</sup>认为价格打折共享契约能够协调供应链需求不确定性。在实际双渠道供应链运行中,需求因素直接导致供应链运营的困难,例如,国外圣诞节和国内的“双十一节”(11月11日),需求不确定导致双渠道供应链库存无法满足节日期间促销的需求。

### 2. 渠道因素

与传统单一渠道相比,双渠道供应链最大特点是存在两种渠道,并允许客户在这两种渠道之间相互切换。与传统多渠道相比,双渠道供应链允许客户从不同渠道来购买商品,而没有所谓的串货问题。双渠道供应链的渠道形成是空间和时间上相互关联的,是制造商与零售商从各自目标出发,挖掘客户需求、增加产品利润有效途径。

渠道因素主要体现在渠道搜索率。当一个渠道出现缺货情况下,客户转移到另外渠道,这种可能的可能性称为渠道搜索率。也可以理解为,在一个渠

道出现缺货后,客户转移到另外渠道成功购买商品的概率。关于渠道搜索率, Kevin<sup>[10]</sup>发现增加线上渠道搜索率能够减少库存持有成本,同时也增加了销售成本。但库存持有成本的减少不能弥补所增加的销售成本。例如,采用信息技术提高客户渠道搜索率,减少客户搜索渠道的成本,能够增加客户渠道切换的意愿,但也可能增加库存相关总成本。Kevin的发现可以理解为,由于渠道搜索的方便性,当一个渠道出现库存缺货时候,需要提前增加另一个渠道的库存,以此来满足客户需求。

### 3. 商品补货

双渠道供应链库存可以分为制造商库存和零售商库存。制造商库存由生产商补给,零售商库存由制造商补给。传统零售商因缺货向制造商订货所产生的订单是一种面向订单的模式,而制造商线上渠道所产生的订单是一种面向库存的模式。双渠道供应链中混合了面向订单与库存的订单模式,导致了补货的策略有明显差别。补货方式不同直接影响到安全库存的数量,在未及时处理补货的情况下,将会导致一方缺货,从而影响整个供应链运营。

学者们针对补货方式进行了深入探讨。Kevin<sup>[10]</sup>发现高的零售商品补货率对于线下客户是有利的,而高的制造商补货率对于线上客户是有利的,同时指出, one-for-one 补货方式会造成缺货成本。Takahashi<sup>[11]</sup>认为 one-for-one 补货并不能满足双渠道供应链的要求,而应该采用 unit-for-unit 补货的方式,虽然会导致运输和生产成本的增加,但降低了库存总成本。

### 4. 商品回收

双渠道供应链的商品回收包括商品的退换货、废旧商品回收等过程。互联网线上销售改变了时间和空间的销售模式,也大大降低了销售成本,但由于无法接触到商品,也导致了在线购买后的退换货比例相当高。Agatz<sup>[12]</sup>指出,线上零售的退换货比例高达 40%(主要考虑短周期的退换货商品回收过程)。

在如此高退换货比例下,双渠道供应链的库存造成了巨大的压力和负担。商品回收导致了处理流程更加复杂,也导致了原来供应链的混乱,使得双渠道供应链运营成本增加。对于此问题,很少有学者针对双渠道供应链的退换货问题进行深入研究和探讨。近几年,国内部分学者对此问题进行了相关讨论。唐秋生<sup>[13]</sup>把回收的双渠道供应链描述为双渠道闭环供应链,给出制造商与零售商的库存模型,针

对废旧商品回收,进行了数值仿真,得出绿色与经济“双源”库存的最优化算法。

## 二、双渠道供应链库存优化策略

库存优化主要是指供应链运营过程中通过库存优化策略来达到控制目标的过程。近几年国内外学者对库存优化提出许多优化策略。从研究主题看,主要分为库存成本与基于供应链利润库存优化两类策略。下面,将从此两类策略来深入探讨双渠道供应链库存优化过程。

### (一)基于库存成本的优化策略

从库存控制的角度看,库存管理过程主要包括订购过程、进货过程、保管处理过程和出货过程。订购、进货和出货影响库存成本和库存量大小,而保管处理过程会影响库存费用。对于整个双渠道供应链而言,费用成本控制为库存主要考虑的内容。相关文献<sup>[14-17]</sup>表明,库存的成本可以理解为订货成本、库存持有成本、缺货成本、能力相关成本与其他成本之和。库存成本计算运用在集中式库存模式中,能够准确控制成本,而集中式库存是单个企业或者组织在双渠道供应链中的微观反映,也是双渠道供应链库存优化策略中重要的组成部分。集中式库存模型主要有经济订货批量模型,而此模型针对的是确定需求,并不能满足双渠道供应链不确定需求的情况。

为了满足双渠道供应链不确定需求并有效控制库存成本, Kevin<sup>[10]</sup>与 Takahashi<sup>[11]</sup>都提到了马尔科夫模型来优化策略。当系统从一个状态到另一个状态,在这个转移过程中,存在着转移的概率(称为转移概率),那么这种离散状态按照离散时间的随机转移过程<sup>[18-20]</sup>称为马尔科夫模型。

马尔科夫库存优化模型,主要针对双渠道供应链随机需求情况下,客户会在渠道间进行转移,以此来计算并控制库存成本。Kevin<sup>[10]</sup>建立了一个双层双渠道马尔科夫模型,给出了在双层双渠道环境下库存成本为长期平均库存持有成本和长期平均订单流失成本之和。该模型中主要影响因素为持有成本的影响、销售损失成本的影响、需求率的影响、补给率的影响。得出的结论为:当线下客户数量与线上销售数量基本持平,双渠道供应链的优势最明显,整个供应链利润最高。同时,也指出渠道搜索成本的减少会增加库存成本。Katsuhiko<sup>[11]</sup>是在 Kevin<sup>[10]</sup>基础上,利用马尔科夫模型,对双渠道供应链库存成本增加了生产和快递配置成本,给出了 unit-for-unit 的补货方式。从参数角度考虑,马尔科夫模型

除了考虑总需求,还引入了直接渠道喜好率和另一个重要的因素——渠道的搜索率,更加符合双渠道供应链的特点。从优化方法角度考虑马尔科夫模型,从库存持有成本和订单流失成本入手,对单个库存的成本进行准确计算。在计算公式中都引入了稳态概率,以此计算出了库存总成本和基础库存水平。从结果考虑,马尔科夫模型的计算过程相对复杂,需要给定变量,才能够得出持有成本的变化、订单流失成本的变化、库存总成本的对比。

### (二)基于供应链利润的库存优化策略

虽然马尔科夫模型能够计算库存成本,由于在双渠道供应链中很难建立一个集中决策的主体机构,此模型很难在实际应用中得以实施。为此,很多学者从供应链优化角度出发,通过供应链合作各方的独立决策,协调优化各自决策,最后达到各方能够接受的供应链优化解,称为供应链协调的库存优化策略。与马尔科夫模型不同,供应链协调的库存策略方法主要考虑供应链期望利润。

从双渠道供应链协调相关文献<sup>[23-27]</sup>看,以整个供应链的利润为优化目标,得出库存因子,通过该因子来确定库存成本最优解。Takahashi<sup>[11]</sup>在假设直销和零售渠道之间不允许串货,同时不考虑在途库存的库存持有成本情况下,给出了制造商和零售商的单位产品的平均成本和系统单位时间平均成本的计算方法,得出供应链最大利润。Agatz<sup>[12]</sup>阐述了双渠道供应链库存优化策略,分别给出了分散管理与集中管理的各自优化模型,介绍了在集中管理情况下的双渠道供应链利润函数,以缺货成本和配送成本计算了库存成本。唐秋生<sup>[13]</sup>介绍了四种库存优化模型,指出了双渠道环境下的库存策略关注较少,同时提出了三种主要混合渠道结构,给出了三种结构的最优订货数量和最优生产量,以此来计算最优库存成本。夏海洋<sup>[20]</sup>假设线上线下的消费者需求是独立,在生产商和零售商均为自身利润最大化情况下,给出库存成本最优策略。

从计算方法看,供应链协调的库存优化策略主要采用微分方程来计算期望利润,进行最大化取值得到总利润,确定库存最优值。从结果看,供应链协调的库存优化策略相对比较简单些,通过给定变量来对制造商利润和总存货级别进行对比,便可得到最终结果。

## 三、进一步的研究发展方向

线上渠道的加入导致了原有供应链库存的混

乱。现有文献在特定假设或者场景下,针对这些混乱提出了很多控制策略和优化模型,以此来解决双渠道供应链库存优化问题。但随着双渠道供应链不断发展,在考虑更多假设条件、变量参数后,库存优化策略将进一步演化。我们认为,下面为双渠道供应链库存优化控制进一步研究发展方向。

### (一)模型参数

在传统线下渠道增加一个线上渠道过程中,库存管理变成更为复杂。线下库存优化策略已经难以适应双渠道供应链库存管理模式。不适应的集中体现为库存优化模型增长了线上渠道的变量参数。这些参数主要包括:需求变化、渠道搜索、补货方式、退换货等。

需求变化是双渠道供应链利润重要因素之一。在现有文献中,把双渠道供应链需求分为不确定需求与互补切换渠道的需求。除了 Yao<sup>[3]</sup>发现需求变化对双渠道供应链库存的影响外,相关文献并没有重点介绍需求变化问题。渠道搜索是双渠道供应链一个重要特征,其主要指标为渠道搜索率。Kevin<sup>[10]</sup>对渠道搜索进行一定的研究,认为信息系统的采用会减少了搜索成本,但提高搜索率并不能提高渠道性能和降低渠道成本。该文献主要考虑的是影响搜索率的主要因素,但未说明渠道搜索对双渠道供应链库存的影响程度。双渠道供应链运营复杂,并呈现出混乱现象。这种混乱集中体现为双渠道中退/换货比例大增。以现在电子商务公司退、换货的处理时间就可以看出退/换货对双渠道供应链库存影响甚大。而现有文献的模型,马尔科夫和成本优化模型都未考虑退/换货情况。以上参数在现有文献中仅仅是提到或被涉及,并未讨论这些参数对库存优化模型的影响。因此,本文认为线上渠道增加的相关变量参数将是双渠道供应链库存优化模型进一步的研究方向。

### (二)优化策略

库存优化从20世纪中叶就有学者与专家开始研究。目前库存优化策略模型基本满足了现有供应链库存运营。关于采用哪一个模型,主要需要考量优化目标与优化主体。例如,需要协调供应链各方面利益以此来平衡库存成本,可以采用基于供应链利润的库存优化策略。库存优化策略模型进一步发展方向为在采用现有算法模型基础上,引入新的变量参数,通过计算缺货、配送或者持有成本来优化库存。

## 四、结 论

为解决线上线下双渠道供应链的库存优化控制难题,归纳和总结了双渠道供应链库存优化研究现状,重点讨论了基于库存成本的马尔科夫库存优化策略与供应链利润的库存优化策略,最后从双渠道供应链库存的影响因素角度提出了进一步研究发展方向。

### 参考文献:

- [1] Ballou R H. Business Logistics Management[M]. Version 3, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1998: 32-35.
- [2] Lee H L, Billington C. Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunity[J]. Sloan Management Review, 1992, 4(1): 65-73.
- [3] Yao D Q, Yue X, Mukhopadhyay S K. Strategic inventory deployment for retail and e-tail stores[J]. Omega, 2009, 37(3): 646-658.
- [4] 周柏翔, 张付存, 朱振东. 供应链管理中安全库存水平及不确定因素的测定方法研究[J]. 工业技术经济, 2004, 23(6): 66-67.
- [5] 张慧颖. 不确定需求下的供应链库存协调管理研究[D]. 天津: 天津大学, 2003.
- [6] 范文姬. 不确定环境下的再制造物流系统库存控制与协调研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- [7] Bichescu B C, Fry M J. A numerical analysis of supply chain performance under split decision rights[J]. Omega, 2009, 37(2): 358-379.
- [8] Yue Xiaohang, Liu J. Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 174(1): 646-667.
- [9] Bernstein F, Federgrue A. Decentralized supply chains with competing retailers under demand uncertainty[J]. Management Science, 2005, 51(1): 18-29.
- [10] Kevin C W, Monahan G E. Managing inventories in a two-echelon dual-channel supply chain[J]. European Journal of Operational Research, 2005, 162(2): 325-341.
- [11] Takahashi K, Aoi T, Hirotani D, et al. Inventory control in a two-echelon dual-channel supply chain with setup of production and delivery[J]. International Journal of Production Economics, 2011, 133(1): 403-415.
- [12] Agatz N, Fleischmann M, Nuenen J. E-fulfillment and multi-channel distribution: a review [J]. European Journal of Operational Research, 2008, 187(2): 339-356.
- [13] 唐秋生, 任玉珑, 王 勇, 等. 需求不确定的双源双渠道闭环供应链库存优化模型[J]. 预测, 2011, 30(4): 30-35.
- [14] 于会强. 供应链管理环境下库存控制策略研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2004.
- [15] 刘鹏飞. 供应商管理库存及其协调研究[D]. 长沙: 中南大学, 2003.
- [16] 陈 晖. 几类库存控制模型研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [17] 白少布. 面向供应链管理的库存控制理论与方法研究[D]. 南京: 南京大学, 2007.
- [18] 张延安. 试论马尔可夫模型及应用[J]. 沈阳大学学报, 2001, 13(2): 44-46.
- [19] 李 民, 段爱明. 马尔可夫模型的市场预测方法及其应用[J]. 数学理论与应用, 2005, 25(3): 121-124.
- [20] 夏海洋, 黄培清. 混合分销渠道结构下短生命周期产品供应链库存策略分析[J]. 中国管理科学, 2007, 15(2): 70-75.
- [21] Khouja M, Stylianou A C. A (Q, R) inventory model with a drop-shipping option for e-business[J]. Omega, 2009, 37(4): 896-908.
- [22] Li M. Mixed-channel inventory policy between retailer and e-retailer stores in two-echelon supply chain[C]// Industrial Engineering and Engineering Management International Conference, Beijing, China, October 21-23, 2009.
- [23] 但 斌, 刘 鹏, 邱晗光. E-供应链环境下的双渠道协同分销优化模型[J]. 中国管理科学, 2007, 15(增刊 1): 396-401.
- [24] 许传永, 梁 樑, 苟清龙. 一类两层双渠道供应链的库存系统优化与协调[J]. 预测, 2009, 28(4): 66-70.
- [25] 颜 艳. 双渠道供应链的库存和服务策略研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2007.
- [26] 赵礼强. B2C 模式下多渠道价格与库存策略研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2008.
- [27] 李书娟, 张子刚. 电子商务环境下双渠道供应链价格竞争与协调机制研究综述[J]. 图书情报工作, 2010, 54(18): 126-129.

## Research Overview on Inventory Optimization in Online-Offline Dual-channel Supply Chain

*LI Ze-biao, WANG Zheng-cheng, PAN Xu-wei*

(School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** To describe the research status and development trend of inventory optimization in online-offline dual-channel supply chain, this paper analyzes the inventory mode in dual-channel supply chain and its influencing factors on the basis of organizing relevant literatures and summarizing the work of predecessors, summarizes existing strategies for inventory optimization in dual-channel supply chain, deeply discusses Markov inventory model and supply chain profit optimization model and finally discusses the further research and development direction of inventory optimization in dual-channel supply chain.

**Key words:** online-offline; dual-channel supply chain; inventory optimization; E-commerce

(责任编辑: 杨一舟)

---

(上接第 102 页)

## Discussion on Multi-dimensional Legal Paths for Improvement of Spirit Damage Compensation System

*LI Rui-yuan, WANG Wan-lu*

(College of Economic Law, Southwest University of Political Science and Law, Chongqing 401120, China)

**Abstract:** Spirit damage compensation system is one of the important systems of modern civil law theory and practice, which manifests the respect to human rights and personal dignity shown by modern civil law. With the constant improvement of Chinese economic development level and constant strengthening of citizens' legal concept, objective demands of people for being respected and defending spiritual interests have constantly increased. However, the design of spirit damage compensation system in existing Chinese legislation still has many unsatisfactory parts. In view of this, to correspond to objective demands of people for the improvement of spirit damage compensation system in the development of modern rule of law, it is necessary to discuss multi-dimensional legal improvement paths from such perspectives as the improvement of legal system, expansion of range of application and application situation and establishment of measure of indemnity so as to overcome the dilemma of the existing spirit damage compensation system.

**Key words:** spirit damage compensation; legal system; range of application; measure of indemnity

(责任编辑: 康 锋)