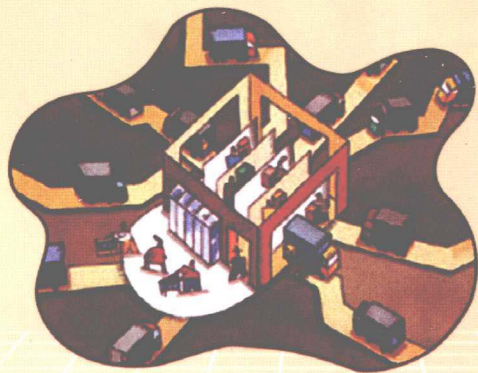


基于多层次CPFR的 三级库存协调与优化方法

戢守峰 著



科学出版社

基于多层次 CPFR 的三级库存 协调与优化方法

戢守峰 著

国家自然科学基金项目 (70872019) 成果
东北大学工商管理学院 985 学科建设经费资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从多层次 CPFR 的构成要素、多级库存理论和优化方法三个角度出发,对多层次 CPFR 的形成机理、协调机制及其对三级库存协调与优化的影响度、影响方向(正向、反向)、方式(直接、间接)等进行研究,找出基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化的模型约束条件。在此基础上,研究多层次 CPFR 的三级库存协调与优化的理论方法,提出多层次 CPFR 流程下的协同预测方法,以及多层次 CPFR 的三级库存协调优化的模型、求解算法、仿真和灵敏度分析方法。本书既在理论上有所创新,又能给出集产供销一体化的大型企业集团实际运作的有效方法,适应物流与供应链管理发展的需要,因而具有较高的理论参考价值和广阔的应用前景。

本书适合管理科学与工程研究方向的讲师、科研人员、博士研究生、硕士研究生及企业界相关管理人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法/戢守峰著. —北京:科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-033162-5

I. ①基… II. ①戢… III. ①计算机应用-库存-仓库管理:供应链管理-研究 IV. ①F253.4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 275616 号

责任编辑:马 跃/ 责任校对:赵桂芬

责任印制:张克忠/ 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 12 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2011 年 12 月第一次印刷 印张:14 1/4

字数:285 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

全球信息网络技术的发展、技术变革的加速及市场竞争的加剧，给企业带来了难得的机遇和严峻的挑战。为了实现对复杂物流与供应链系统的有效运作和管理，以及对市场变化的科学预测和快速反应，一种协同式的供应链库存管理新方法——合作计划、预测与补货（collaborative planning, forecasting and replenishment, CPFR）应运而生，并已成为现今国内外对供应链管理研究具有挑战性的课题。

CPFR 作为供应链管理理论发展的新方法之一，主要强调供应链上交易各方通过协同计划、预测与补货，提高供应链的运作效率，同时通过信息共享来提升供应链的整体绩效。但是，在既存的 CPFR 研究中，人们更多地关注单层次 CPFR 在零售商与供应商的二级库存控制问题，而对多层次 CPFR、三级库存协调与优化方法的研究则涉及甚少，尤其将基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法应用到集产供销一体化大型企业集团中的研究文献尚未见到。本书从多层次 CPFR 的构成要素、多级库存理论和优化方法三个角度出发，对多层次 CPFR 的形成机理、协调机制及其对三级库存协调与优化的影响度、影响方向（正向、反向）、方式（直接、间接）等进行研究，找出基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化的模型约束条件。在此基础上，研究多层次 CPFR 的三级库存协调与优化的理论方法，提出多层次 CPFR 流程下的协同预测方法，以及多层次 CPFR 的三级库存协调优化的模型、求解算法、仿真和灵敏度分析方法。本书既有理论上的创新，又能给出集产供销一体化的大型企业集团实际运作的有效方法，可适应复杂物流与供应链系统发展的需要，因而具有重要的理论指导意义与应用参考价值。

本书既强调建模与优化的方法和技术，又立足于复杂物流与供应链系统管理决策问题的解决。在知识体系上，“横向”方面从传统的运筹规划方法、排队存储论方法、系统动力学方法到现代智能优化方法，以及面向对象等仿真方法的探索；“纵向”方面主要是复杂物流与供应链系统的一些应用问题，如协同计划问题、预测问题、多级库存控制问题，以及供应链系统设计问题等。本书的重点在于引导读者应用前沿理论方法与相关技术工具去研究和处理复杂物流与供应链系统运作中遇到的问题，因此书中给出了大量的模型、算法和数值算例与仿真分析，这些将为读者提供研讨复杂物流与供应链系统理论和解决复杂物流与供应链

系统运作中深层次问题的范例。

本书是一本基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法的研究专著。书中的内容是作者承担的国家自然科学基金项目“基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法研究”（项目批准号：70872019）的研究工作总结，它以近年来若干纵向、横向科研课题的应用实践为基础，以实用有效的参数变量、模型、求解方法和数值仿真分析为指导，系统全面地解读了求解复杂物流与供应链系统问题的理论方法和技术工具。

本书在撰写过程中，力求理论体系完整统一、技术方法简练实用、实例真实且匹配、数据详实而完整。本书内容精练、语言流畅、深入浅出，适合专注复杂物流与供应链系统理论研究的科研人员 and 研究生阅读，同时也适合从事复杂物流与供应链系统运作实践的人员研读。

本书第 1 章、第 2 章、第 7 章、第 8 章和第 9 章由戢守峰（东北大学教授）撰写；第 3 章由刘正丹（东北大学讲师）撰写；第 4 章由张吉善、张川（东北大学副教授）撰写；第 5 章由钟磊刚（东北大学副教授）撰写；第 6 章由张吉善、张川（东北大学副教授）撰写。另外，全书的数据及数值算例与仿真分析由戢守峰提供。戢守峰负责对全书进行统筹、修改、审定，并根据本书撰写的总体思路和风格，对各章均做了较大的修改，请各位参撰人员谅解。丁伟、侯佩宝、周海洋、王佳、丁春光、李壮、龙松祥、宋宏蕾等（东北大学硕士研究生）参加了部分章节的撰写工作；唐金环、蓝海燕（东北大学博士研究生）和何家强、宋颂颂、史四虎、金玲琴、史堂菊、李晓静、董坤祥、吴潇君、杨帆、李佳、岳美思和宋丽雪等（东北大学硕士研究生）承担了本书的公式编辑与校正工作。

在本书撰写和项目研究过程中，借鉴了国内外诸多研究成果，并得到了许多学者及企业界专业人士的帮助与指导，使本书涉及的研究工作能够顺利进行直至完成，科学出版社的马跃编辑也为本书的出版做了大量工作，在此一并表示衷心的感谢。

本书是探索性的研究成果，同时也是作者及其研究团队共同劳动的结晶，限于作者的学术水平，书中难免有错误和不足之处，敬请专家、同仁及读者不吝指正。

戢守峰

2011 年 12 月于沈阳

目 录

前言

第 1 章 引论	1
1.1 研究背景	1
1.2 科学问题的提出及研究意义	1
1.3 国内外研究现状与评析	3
1.4 研究内容、研究目标以及拟解决的关键问题	9
1.5 本书的特色与创新之处	17
参考文献	17
第 2 章 协同供应链管理新模式——CPFR	20
2.1 CPFR 理论	20
2.2 CPFR 的运作流程	24
2.3 多层次 CPFR 的基本原理	33
2.4 多层次 CPFR 库存控制方法的建立	38
2.5 云铜股份 CPFR 案例分析	39
参考文献	47
第 3 章 基于多层次 CPFR 的库存协调机制建立	49
3.1 供应链中的库存控制模式与机制问题	49
3.2 基于多层次的 CPFR 的库存协调机制	53
3.3 基于多层次 CPFR 的供应链库存协调模型	64
3.4 供应链库存控制优化与设计策略	69
3.5 本章小结	74
参考文献	75
第 4 章 多层次 CPFR 的协同预测方法与模型	77
4.1 需求预测概述	77
4.2 基于遗传算法的 BP 神经网络预测模型	84
4.3 基于多层次 CPFR 的 ARIMA 和 NN 的混合预测模型及仿真分析	90
4.4 本章小结	97
参考文献	97

第 5 章 基于多层次 CPFR 的协同补货策略	99
5.1 常见的库存补充方法	99
5.2 基于 CPFR 的供方可选择的协同补货模型	101
5.3 协同商务下分销系统紧急补货模型	107
5.4 不同客户服务水平下补货发货模型	112
5.5 随机间隔期和固定间隔期的易逝品补货模型	117
参考文献	130
第 6 章 基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化	132
6.1 基于服务水平约束的三级库存系统控制策略	132
6.2 周期可变的产供销一体化计划模型与算法	138
6.3 基于多层次 CPFR 的多产品分销系统库存优化模型	148
6.4 基于 I^0 的三层生产-分销系统的最优批量模型及求解	153
6.5 本章小结	159
参考文献	160
第 7 章 基于 CPFR 的化工产品供应链库存控制系统优化	162
7.1 化工产品供应链生产-库存现状	162
7.2 化工产品供应链库存控制存在问题分析	167
7.3 建立加入生产商的多层次 CPFR 供应链联合库存控制模型	169
7.4 库存模型优化及求解	172
7.5 实施 CPFR 的化工产品供应链优化	178
7.6 供应链库存控制系统优化方案	183
7.7 联合库存成本模型 MATLAB 求解程序	185
参考文献	185
第 8 章 多层次 CPFR 在线预测系统开发	188
8.1 CPFR 的预测流程	188
8.2 协同预测的有效性分析	189
8.3 基于指数加权分位数回归预测法的 CPFR 系统成本模型	190
8.4 系统需求分析与系统结构构建	197
8.5 预测方法的实现	204
参考文献	218
第 9 章 结论与展望	220
9.1 本书的主要结论	220
9.2 进一步需要探讨的课题	222

第 1 章 引 论

1.1 研究背景

自 20 世纪 90 年代以来,供应链管理已经成为现代企业的重要管理模式。企业之间的竞争如今已从个体与个体之间的竞争演变成集群与集群之间的竞争,传统的规模与成本优势已被供应链优势所取代,供应链的管理效率已经成为决定企业竞争胜负的关键因素。为了实现对供应链的有效运作和管理,以及对市场变化的科学预测和快速反应,一种协同式的供应链库存管理新方法——协同计划、预测与补货(collaborative planning, forecasting and replenishment, CPFR)应运而生,并已成为现今国内供应链管理研究具有挑战性的课题。

CPFR 作为供应链管理理论发展的新方法之一,主要强调供应链上交易各方通过协同计划、预测与补货,提高供应链的运作效率,同时通过信息共享来提升供应链的整体绩效。但是,在既存的 CPFR 研究中,人们更多地关注单层次 CPFR 在零售商与供应商的二级库存控制问题,而对多层次 CPFR、三级库存协调与优化方法的研究涉及甚少,尤其将基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法应用到集产供销一体化大型企业集团中的研究文献尚未见到。

本书给出的多层次 CPFR 是指以一个制造商为中心,以信息技术为支撑,通过对供应商、分销商、零售商至最终客户的集成,共同制订计划、联合预测与补货,寻求建立集产供销一体化大型企业集团以及客户间的战略合作伙伴关系,最大限度地减少内耗和提高对外部环境或竞争的反应速度,提高供应链的运作效率,同时通过信息共享来提升供应链的整体绩效。

1.2 科学问题的提出及研究意义

1.2.1 科学问题的提出

(1) 供应链管理的关键是供应链上各企业间的协调与合作,而库存协调是其重要组成部分。传统的库存决策是基于单个企业绩效的局部协调,这造成供应链上企业间运作相互抵触、物流不畅、供应链的库存成本增加和服务水平下降等问题。因此,随着市场竞争的日趋激烈,市场的复杂性及多变性明显加大,如何通过库存协调确定一个面向供应链的整体优化库存策略成为亟待解决的重要课题。近年来,国内外出现了一些供应链管理方法的相关研究,如合作预测与补给

(aggregate forecasting and replenishment, AFR)、供应商管理库存 (vendor managed inventory, VMI)、联合库存管理 (joint managed inventory, JMI) 等, 这些管理方法体现了集成化管理的特点, 但是在收益性和可操作性方面都存在诸多不足与缺陷。而多层次 CPFR 更加强调协同预测, 使供应链上交易各方的库存达到高度协同。因此, 可以说多层次 CPFR 概念和多层次 CPFR 的库存协调机制的提出将为供应链管理理论的研究提供一个新的视角。

(2) 如何利用协同合作所获得的实时信息来进行预测, 减少不确定性因素的影响, 提升预测的准确性, 也是企业未来所应追求的目标。本书所提出的多层次 CPFR 强调供应商、制造商与分销商共同合作, 建立一个协同预测方式。协同预测统一了企业各部门之间以及供应链合作伙伴成员之间的预测流程, 可以为精确确定需求提供保证。

(3) 在既存的 CPFR 研究中, 人们更多地关注单层次 CPFR 在零售商与供应商的二级库存控制问题, 而对多层次 CPFR、三级库存协调与优化方法的研究涉及甚少, 尤其将基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法应用到集产供销一体化大型企业集团中的研究文献尚未见到。因此, 多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法将填补该研究领域的空白。

1.2.2 研究意义

目前, 基于多层次 CPFR 的多库存协调与优化的理论与方法, 可以说是国内外研究 CPFR 理论的一个新动向和具有挑战性的课题, 这方面文献或研究成果所见甚少。所以本书具有重要的理论价值和现实意义。其理论意义在于: 通过定性分析提出多层次 CPFR 库存协调机制, 为进一步研究基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法提供理论支撑; 通过定量分析建立多层次 CPFR 库存协调模型、优化模型, 给出求解算法; 通过仿真分析进行验证, 并进行灵敏度分析。其现实意义在于: CPFR 应用一系列的信息技术和图式模型, 提供覆盖整个供应链的协同模式, 通过共同管理业务过程和共享信息来改善供应商、制造商、分销商的合作伙伴关系、提高预测的准确度, 最终达到提高供应链整体效率、减少库存和提高客户满意程度的目的。

本书基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法研究, 突出前沿性、挑战性和实用性。

1.2.3 应用前景

我国企业要想增强全球竞争力, 除技术创新、开拓市场、优化内部流程和寻找新的利润源泉之外, 还要充分利用全球供应链, 提高企业的柔性 and 运作效率, 推动企业管理水平的提升。

本书所要解决的问题,正是我国企业,特别是集产供销一体化大型企业集团亟待解决的问题。本书从多层次 CPFR 的形成机理和理论方法入手,分别研究多层次 CPFR 的库存协调机制、多层次 CPFR 流程下的协同预测方法、基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法等问题,研究成果将应用于“中国石油东北化工公司销售物流优化”项目中。因此,可以认为本书既有理论上的创新,也能给出集产供销一体化大型企业集团实际运作所需要的方法,适应了物流与供应链管理发展的需要。

1.3 国内外研究现状与评析

1.3.1 国外研究现状

自 20 世纪 90 年代以来,西方学者对供应链管理,特别是供应链管理下的库存问题给予了特别的关注。基于此,有关供应链管理下的库存控制理论、优化方法及模型研究不断发展。追溯其发展演变历程,发现其呈现出两大研究特点:一是供应链的基础理论研究;二是供应链管理方法研究。国外研究表明,供应链管理是一种集成的管理方式,它是从全局的角度对供应链上的商流、物流、信息流以及资金流进行控制与协调,而库存控制是供应链上各节点企业实现合作以及供应链集成管理的关键,所以库存控制方法也就成了供应链管理方法的重要研究领域。本书侧重于供应链管理方法的研究,尤其将供应链上的三级库存协调与优化方法作为主要研究对象。

供应链中库存控制问题的研究源于当今企业运作与管理存在着诸多不确定因素,如订货提前期、协同补货方法、最佳订货批量、多周期库存优化、延迟订货、运输时间和需求变化等,这些不确定因素会导致“牛鞭效应”。在围绕减小“牛鞭效应”、提高供应链成员间的协同能力方面的研究目前主要集中于合作预测、计划和补货上。

Aviv (2004) 研究协调预测计划的潜在利润,提出协调预测计划的利益取决于供应链反应时间、供应链各方协同能力和内部服务效率;Dudek 等 (2005) 研究供应链合作伙伴间基于协商的合作计划,提出一种基于协商的合作计划方法,并采用数学规划模型求出最佳计划量;Chen 等 (2005) 把多级生产与补货和多产品整合在一起,研究联合补货和渠道协作下的供应链合作优化问题,并在合作伙伴间实现了帕累托改进;Yao 等 (2004) 利用启发式算法重点对一个供应商对应多个购买商情形下的补货发货进行研究;Lee 等 (2005) 研究关系需求下的动态联合补货策略,在需求是自相关但彼此独立的情形下,提出一种动态更新的联合补货策略,并利用启发式算法对目标库存水平和库存盘点周期进行更新;Chandra 等 (2005) 把回归模型与多级需求预测方法相结合,研究如何抑制“牛

鞭效应”，从而有效改善库存水平的问题。Aviv（2001）和 Aviv（2007）研究一个供应商和一个零售商之间的协同预测（CF），并且通过与单独预测（LF）比较，得出协同预测能够改善供应链管理的绩效，以及制造商和零售商之间取得的收益；Dhahri 等（2007）将 ARIMA 参数作为工具，提出非线性目标模型，以减少供应链上的信息扭曲现象；Zhao 等（2002）运用计算机仿真模型阐述了预测技术的选择对供应链中信息共享价值的影响。

Moinzadeh 等（2007）研究在库存/分销系统中补货对供应链总成本的影响，分析包含一个外部供应商、一个中心仓库和多个零售商的多级供应链，提出混合订购策略，并将之与传统的固定补货间隔期策略等进行比较。但由于以往研究对库存系统中供方可选择的情形研究甚少，Chakhlevitch 等（2001）研究供应商、仓库和零售商之间在供方可选择条件下的协调补货模型，并通过模拟实验验证在供方可选择条件下的协调补货模型比传统的补货模型具有使供应链成本更低的优势。

供应链管理的关键是链上各企业的协调与合作，而库存协调是供应链协调和合作的重要组成部分。库存协调模型主要分为两类：集成库存系统模型和多级库存模型。Tang 等（2003）提出了基于随机提前期和确定性需求的两级装配供应链的协调问题；Fu 等（2004）讨论了供应链中供应商根据零售商的订货策略来调整库存的供应方的协调问题；Sahin 等（2005）提出了基于信息共享和按订单生产（make to order, MTO）的订货协同策略；Shinna 等（2003）在假设延期交货周期是零售商订货批量的函数、需求率是销售价格的函数的前提下，研究在存在延期交货罚金情况下的订货批量和价格的优化问题。

以上是针对企业内部的生产与库存网络的优化的有关文献研究，如今对不同企业的生产与库存协调问题的研究也越来越多。文献中针对多级库存问题提出了两种库存决策策略——中心型库存策略和分散型库存策略。其中，中心型库存策略是指上游成员的库存决策是综合考虑自己及所有下游成员的现有库存而做出的；而分散型库存策略是指每个成员的库存决策都是依据企业自身的库存水平做出的。Chen 等（2005）对这两种库存策略进行了详细的比较，指出：在优化成本方面，中心型库存策略要明显优于分散型策略，尤其是在生产准备成本较高时；Seferlis 等（2004）研究多级供应链网络的两层次最优控制策略，该策略将多变量的预测控制模型应用于整条供应链，通过调整决策变量（如运输量和产品库存），在成本最小的情况下经济而高效地满足客户；Kochel 等（2005）研究多级库存的仿真优化，在模型中的约束条件下可以对模型进行仿真，还提出一个结合最优化工具的仿真优化方法，并通过算例分析验证了这种方法的实用性。

上述文献研究存在一个共性的问题，就是在不确定性较大的情形下，为了维护一定的用户服务水平，企业也常常维持一定的库存，以提高服务水平。在不确

定性存在的情况下,高服务水平必然带来高库存水平。为了减少不确定性因素对库存的影响,降低企业的库存水平,企业需要增加与供应链成员之间的信息共享,增加库存决策信息的透明性和实时性,所有这些都需要企业之间的合作与协调。自20世纪90年代以来,国外出现了几种基于CPFR的新的供应链库存控制方法,如AFR、VMI和JMI等,上述方法均未实现供应链的集成。于是针对VMI和JMI的不足,20世纪90年代末出现了一种新的供应链管理方法——CPFR。

CPFR建立在JMI和VMI的最佳分级实践的基础上,同时摒弃了JMI和VMI中的主要缺点,如没有一个适合所有交易伙伴的业务过程,未实现供应链的集成等。针对交易伙伴的战略和投资能力不同、市场信息来源不同的特点,将CPFR构建成一个方案组,方案组通过确认交易伙伴从事关键业务的能力来决定哪家公司主持核心业务活动,交易伙伴可选用多种方案实现其业务过程。零售商和制造商从不同的角度收集不同层次的数据,通过反复交换数据和业务信息改善制订需求计划的能力,最后得到基于销售时点情报系统(point-of-sale, POS)的消费者需求的单一共享预测。这个单一共享需求计划可以作为零售商和制造商与产品有关的所有内部计划活动的基础,它能使价值链集成得以实现。以单一共享需求计划为基础能够发现和利用许多商业机会、优化供应链库存和改善客户服务,最终为供应链伙伴带来丰厚的收益。各种供应链库存控制模式比较如表1.1所示。

表 1.1 供应链中各种库存控制模式比较

类别 项目	传统库存 管理模式	AFR 模式	JMI 模式	VMI 模式	CPFR 模式
管理 实体	各节点企业	制造商	核心企业/联合 主体	供应商	协同计划协调工 作组
主要 思想	各节点企业独立 管理自有库存, 寻求降低自身的 缺货、需求不确 定等风险的方法	用于预测的 核心数据来 源于辛迪加 数据和销售 历史数据, 采用制造商 推动供应链 的方法	各节点共同参与 库存计划管理, 共同制订统一 的生产计划与 销售计划,并 将计划下达到 各制造单元 和销售单元 执行	各节点企业共同 帮助供应商制 订库存计划,要 求供应商来参 与管理客户的 库存,供应商 拥有和管理 库存控制权, 本质上是将多 级供应链问题 变为单级库存 管理问题	CPFR应用一系列 处理和技术模 型,提供覆盖整 个供应链的合作 过程,通过共同 管理业务过程 和共享信息来 改善零售商和 供应商的伙伴 关系、提高预 测的准确度,最 终达到提高供 应链效率、减 少库存和提高 满意度的目的

续表

类别 项目	传统库存 管理模式	AFR 模式	JMI 模式	VMI 模式	CPFR 模式
主要 优点	降低缺货、需求不确定性等风险以及对外部交易商的依赖	制造商依据预测的核心数据, 估算需求总量	共享库存信息, 加强相互间的信息交换与协调, 改善供应链的运作效率, 降低成本与风险, 改善客户服务水平	降低库存、减少成本, 改善缺货、提高客户服务水平, 缩短提前期, 提高库存周转率, 提高需求预测的精确度, 实现配送最佳化	实现企业之间的功能整合, 显著改善预测准确度, 降低成本、库存总量和现货百分比, 改善客户服务, 创造商业机会, 发挥供应链的整体效率
主要 缺点	库存量过高, 存在严重的“牛鞭效应”, 库存管理各自为政, 缺乏协调沟通	AFR 缺乏集成的供应链计划, 可能会导致高库存或低订单满足率	建立和协调成本较高, 企业合作联盟的建立较困难, 协调中心运作困难, 联合库存的管理需要高度的监督	缺乏系统集成、协作水平有限, 对供应商依存度较高、要求高度信任; 决策过程缺乏足够的协商, 加大了供应商的风险	以客户为中心的思想未能完全实现, CPFR 始于需求预测, 终于订单产生, 因此合作过程不是十分完善
适用 范围	传统的库存各自分离, 协作信任程度较弱, 对待风险态度较保守	AFR 要求客户主导其分销中心及库存的管理, 是商业交易伙伴交互作用中应用最广泛的方法	供应链节点企业有良好的沟通与信任基础, 有联合库存管理中心, 如大型分销中心、良好的配送能力	下游企业没有 IT 系统或基础设施来有效管理他们的库存; 上游厂商实力雄厚、市场信息量大、有较高的直接存储交货水平	供应链企业都有良好的 IT 系统支持并且协作关系固定, 对供应链中业务流程保持高度的一致, 整个系统能够快速响应客户并预测客户需求
支持 技术	物料需求计划 (material requirements planning, MRP) / 制造资源计划 (manufacturing resource planning, MRP II)、订货点技术、双堆/多堆系统	基于 POS、internet、分销资源计划 (distribution resource planning, DRP) 的企业信息系统	企业内部大型企业资源计划 (enterprise resource planning, ERP)、供应链管理 (supply chain management, SCM)、客户关系管理 (customer relationship management, CRM) 系统, 基于 intranet/extranet 的网络通信系统	电子数据交换 (electronic data interchange, EDI) / Internet、条码技术、连续补货系统、企业信息系统	企业间的交互系统, 如基于 SCM/ERP/CRM 集成的系统, 高级计划与协调系统、商业智能等技术

续表

类别 项目	传统库存 管理模式	AFR 模式	JMI 模式	VMI 模式	CPFR 模式
实施 策略	确定独立需求库存, 设置订货库存策略, 设定自有安全库存量, 按安全库存量补充库存	建立数据仓储系统, 设置订货库存策略、定期订货法、定量订货法、经济订货批量 (economic order quantity, EOQ) 模型	建立供需协调机制, 发挥制造与分销两种资源计划的作用, 建立快速响应系统, 充分利用第三方物流系统	建立客户情报系统, 建立销售网络系统, 建立合作框架协议, 组织机构的变革	供应链伙伴达成协议, 创建共同业务计划, 创建销售预测, 辨识销售预测的例外情况, 例外情况的解决/合作, 创建订单预测, 识别订单预测的例外情况, 例外项目的解决/合作, 产生订单

在供应链运作的整个过程中, CPFR 应用一系列模型和预测方法, 通过共同管理业务过程和共享信息来改善供应商、制造商、分销商和零售商的伙伴关系, 提高预测的准确度、供应链的效率和最终客户的满意度, 并有效地控制库存。Koenker 等 (1978) 最早提出线性分位数回归理论, 并论述了使用分位数回归进行预测的理论研究成果; Gorr 等 (1985) 也应用分位数回归理论针对非财务数据进行了分析研究, 其研究方法等同于经典分位数回归理论, 所不同的是 Gorr 和 Hsu 的研究方法通过指数平滑法弱化了指示函数对预测结果的影响; Engle 等 (2004) 的条件自回归风险估价 (value-at-risk, VaR) 方法也被视为分位数回归研究方法之一, 该方法的指示函数调整使预测结果逐渐逼近真实值。

1.3.2 国内研究现状

从 1998 年开始, 国家 863 计划/计算机集成制造系统 (computer integrated manufacturing system, CIMS) 主题将“供应链技术与系统”列为该主题的研究与开发内容之一, 在应用技术研究、重大关键技术攻关等不同层次设置了若干研究与开发项目, 通过研究取得了一定的研究成果与效益。目前, “物流与供应链管理”已被列为“十一五”期间我国管理科学与工程学科的重点研究领域之一。

近年来, 国内学者也进行了供应链库存模型与优化研究工作。黄朔等 (2007) 分析了遇到缺货时的顾客流失, 对提前期内的在途订单做出一定假设, 着重分析了在联合订单中各种产品订货量的分布情况, 随后将多产品联合订货问题分解成多个单产品的库存模型进行分析, 给出了销售商总成本的解析表达式; 柳键等 (2004) 研究在需求和供应都不确定条件下的供应链库存协调与优化模

型;彭作和等(2005)建立了一个考虑累进制数量折扣且具有空间约束的多产品订货非线性规划模型,得到零售商的最佳订货和定价策略;徐兵等(2007)研究产品存在产地、品牌差异情况下具有多种商品流动的三层供应链网络均衡模型,并将产地、品牌差异的影响视为随机变量,运用随机效用理论和多项式 logit 模型研究需求市场上产品随机选择问题,运用 Nash 均衡方法分析生产商之间、零售商之间的竞争行为,分别得到供应链网络各层均衡及整体均衡的条件、经济解释和变分不等式模型;王瑛等(2004)研究基于合作需求预测的多级库存优化模型,提出采用合作需求预测确定订购临界点,并建立由供应网络、核心企业、分销网络组成的多级库存系统优化模型;何勇等(2005)研究在具有两个不同销售周期的销售市场情形下,当需求率、生产率和折损率为常数时的折损产品供应链库存系统问题。

基于多层次 CPFR 的三级库存协调与优化方法问题已经成为供应链管理理论中的一大研究热点和难点。在供应链环境下,产品在到达最终客户手中之前往往要经历多个阶段,本书将经历两个阶段或两个阶段以上的分销系统称为“多级分销系统”。此外,在供应链的某一阶段上可能还包含多个存储点,如零售商阶段由 n 个零售商组成,这些零售商在成本结构和库存策略方面可能是完全相同的,也可能是完全不同的,而且多个零售商的需求可能具有一定的相关性。所有这些供应链结构的复杂性都大大增加了库存控制的难度,正因为如此,越来越多的学者将研究焦点对准多级库存问题。

达庆利等(2003)提出在不对称信息情况下如何提高供应链的绩效、减轻“牛鞭效应”也是供应链管理的研究方向;周永务(2006)针对由单一供应商和单一零售商组成的两层供应链系统,在随机市场需求且供需双方拥有不对称需求信息情形下,研究供应商如何利用批量折扣机理来激励零售商合作,从而改善供应链协调性问题,提出了一个相应的批量折扣模型;沈厚才等(2004)研究在经济订货量(EOQ)模型假设下,针对由一个制造商与一个零售商所构成的供应链,零售商优先决策、制造商优先决策以及联合决策 3 种供应链管理机制对供应链绩效的影响;王海军等(2005)研究在大量定制环境下基于延迟制造的多级供应控制模型,针对大量定制环境下延迟制造活动的特点,提出将客户订单分离点(CODP)前移到供应商流程内部,实现供应延迟,并给出了基于延迟制造的多级供应控制生产计划模型;彭禄斌等(2002)提出了供应链网状结构模型多级库存控制问题,并且引入前置时间和订单执行率等参量,分析了供应链上各节点企业发生的订货费、存储费和运输费;马汉武等(2007)首先研究 Khouja 提出的三种多阶段多顾客供应链库存协调机制及其模型,在分析其第三种模型的解的遗漏性与实际应用的苛刻条件基础上,提出了基于整数乘子的多阶段多顾客供应链库存改进模型。

1.3.3 当前研究现状的分析与评价

(1) 未能充分考虑到订货提前期、多周期库存优化、延迟订货、不同客户服务水平下补货策略和随机补货间隔期库存控制策略等不确定因素,因此很难确定供应链的最优库存水平。Shinna 等(2003)仅局限在假设延期交货周期是零售商订货批量的函数的库存模型,没有提出带有确定性周期性需求(如季节性的周期需求)的库存模型。本书提出了周期性需求下基于价格和时间的、可实施缺货策略的库存控制模型。在这种模型下,用户对产品的需求每隔固定的时间段就开始呈现周期性,一个补充周期可能是若干个需求周期。Tang 等(2003)和 Fu 等(2004)的研究有基于固定需求的,有基于随机提前期的,或者是单个供应商和单一零售商的,还有基于数量折扣的协调策略,但对随机需求情况下的基于共同补给期的研究却很少。基于此,本书有多个面临相同随机需求的零售商和供应商的协调问题,分析了在独立决策下零售商的最优订货策略。在供应商提供共同补给期时,零售商可以选择接受或者不接受该共同补给期的订货协调策略。

(2) 既存研究假设某类商品的市场需求服从某一概率分布,如泊松分布或正态分布,并根据需求数据调整该概率分布的参数。在实际环境中,零售商所面对的有些商品(如饮料、啤酒和时装等)的需求序列往往各不相同,即便相同产品在不同需求周期内的需求序列也会有所变动。因此,既存文献的假设在实际应用中具有一定的局限性。人工神经网络模型、模糊神经网络模型和嵌入遗传算法三种统计模型的预测精度较高,但这三种模型并没有从供应链协同的角度对需求预测进行研究,因此,预测的准确性和精度均存在较大的误差。Aviv(2001)和 Aviv(2007)并未考虑将预测技术应用于供应链上的协同预测,而本书主要是基于 CPFR 在供应商与多个零售商之间建立合作关系,运用整合自回归预测模型和反向传播神经网络的混合模型进行预测。

(3) 未能将多层次 CPFR 和协同预测的理念、多层次 CPFR 和多级库存协调与优化方法有效地整合到供应链库存协调与优化方法中。Chakhlevitch 等(2001)只研究一个供应商、两个仓库和两个零售商情形下的协调补货问题。而本书将进一步研究由一个供应商、隶属多个区域的分销商、多个零售商组成的运输一类商品的协调补货模型。

1.4 研究内容、研究目标以及拟解决的关键问题

1.4.1 研究内容

本书将分解成三个有机联系的部分:多层次 CPFR 库存协调机制、多层次 CPFR 流程下的协同预测方法、多层次 CPFR 和三级库存协调与优化方法。整个

研究将从这三个方面展开, 现简述如以下几个方面。

1.4.1.1 多层次 CPFR 库存协调机制

供应链管理的关键是供应链上各企业间的协调与合作, 而库存协调是其重要组成部分。没有一个协调的管理机制, 就不可能进行有效的 CPFR 库存协调。传统的库存决策是基于单个企业绩效的局部协调, 这造成链上企业间的运作相互抵触、物流不畅, 供应链的库存成本增加和服务水平下降等问题。因此, 如何通过库存协调确定一个面向供应链的整体优化库存策略成为亟待解决的重要课题。由于市场竞争日趋激烈, 市场的复杂性及多变性明显加大, 不确定性环境的库存协调引起了人们的关注。

多层次 CPFR 库存协调机制, 主要包含以下三个方面:

(1) 建立多层次 CPFR 库存协调模式。首先合作各方(供应商、制造商、分销商或批发商)必须本着互惠互利的原则, 建立共同的合作目标。为此, 要理解各方在市场目标中的共同之处和冲突点, 通过协商形成共同的目标, 如实现同步化运作、零库存管理、准时制(just-in-time, JIT)采购、完美服务、利润的共同增长和风险防范等。

(2) 给出多层次 CPFR 的库存协调方法。基于多层次 CPFR 的库存协调担负着协调各方利益的角色, 起着协调控制器的作用。因此需要对库存协调的方法进行明确确定, 包括库存如何在多个需求商之间调节与分配、库存水平控制、安全库存量确定和协同预测方法等。

(3) 建立利益分配机制、合作机制、激励机制和约束机制。要有效运行基于多层次 CPFR 的库存协调, 就必须建立一种公平的利益分配制度, 对参与协调库存管理中心的各方进行有效的激励和约束, 防止机会主义和败德行为, 增加协作性和协调性。

1.4.1.2 多层次 CPFR 流程下的协同预测方法

如何利用协同合作所获得的实时信息来进行预测、减少不确定性因素的影响、提升预测的准确性以消除不必要的库存成本, 是企业未来所应追求的目标。多层次 CPFR 强调供应商、制造商与分销商共同合作, 建立一个协同预测方式, 协同预测是多层次 CPFR 中极为重要的一部分, 是多层次 CPFR 实施的核心。协同预测统一了企业各部门之间以及供应链合作伙伴成员之间的预测流程, 为精确地确定需求提供了保证。

多层次 CPFR 流程下协同预测方法的建立依赖于协同预测中异常标准的制定以及预测异常的处理。而产生预测异常主要有两个原因: 一是预测数据的不准确性; 二是合作伙伴的预测方法不同。本书通过对多层次 CPFR 的协同预测流程和合作伙伴模型差异的分析, 提出基于指数加权分位数回归预测法和基于自回归求和移动平均模式(antoregressive integrated moving average, ARIMA)、神经网络