

闭环供应链的利润分配、协调机制 和网络均衡研究

王文宾 著

*Bihuan Gongyinglian De Lirun Fenpei Xietiao Jizhi
He Wangluo Junheng Yanjiu*

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

闭环供应链的利润分配、 协调机制和网络均衡研究

王文宾 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书运用博弈论、报童模型、委托代理理论、最优化方法、广义随机 Petri 网、变分不等式等方法研究了闭环供应链的利润分配、协调机制和网络均衡问题。

图书在版编目(CIP)数据

闭环供应链的利润分配、协调机制和网络均衡研究/

王文宾著. —徐州:中国矿业大学出版社, 2011. 3

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0801 - 9

I. ①闭… II. ①王… III. ①物资供应—物资管理—研究 IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第193221号

- 书 名 闭环供应链的利润分配、协调机制和网络均衡研究
著 者 王文宾
责任编辑 张 岩 付继娟
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有公司
开 本 850×1168 1/32 印张 6.625 字数 172 千字
版次印次 2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷
定 价 21.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

20 世纪 80 年代初,供应链管理开始被企业界和学术界关注。进入 90 年代以来,资源与环境问题凸显,以废旧产品回收再利用为特征的逆向物流引起了学术界、企业界及政府部门的重视。“逆向物流”这个名词最早由 Stock 在 1992 年给美国物流管理协会的一份研究报告中提出。后来各国对逆向物流给出了不同的定义,现在被普遍接受的观点为:逆向物流是在整个产品生命周期中对产品和物资的完整的、有效的和高效的利用过程的协调。逆向物流的出现推动了供应链管理理论的发展,与传统供应链相似,对应于逆向物流的供应链为逆向供应链。2000 年以来,供应链与逆向供应链的整合问题逐渐被企业界和学术界重视,这种新型供应链便是闭环供应链。

闭环供应链的利益相关者为:供应商、制造商、分销商、零售商、第三方回收商、消费者和政府。各利益相关者在闭环供应链中扮演不同角色,它们是闭环供应链的利益博弈方。这使得闭环供应链比传统供应链更复杂。闭环供应链的实施较传统的正向供应链有很大不同,具体可归纳为如下三点:

(1) 从利益相关者来看,政府在闭环供应链中的作用比在正向供应链中的要大;

(2) 企业(包括制造商和零售商等)需要承担起逆向物流的责任,闭环供应链使得传统供应链的“单车道”模式转变为“双车道”,这对于企业来讲是一个挑战;

(3) 消费者已经从传统意义的产品购买者转变为多层职能扮演者:传统产品购买者、再制造产品购买者和废旧产品的供应者。

由于闭环供应链的复杂性,传统的供应链理论已经不再适用。闭环供应链的实施将带来一系列管理新问题,例如闭环供应链的产品定价、产量及成员的利润分配,闭环供应链如何协调,政府可否通过激励机制引导闭环供应链的实施,多个制造商、多个零售商和多个消费者市场构成的闭环供应链网络具有怎样的运作规律等。而这方面的研究尚鲜有报道。可以预见,这些方面的研究具有重要意义。

本书适合于从事逆向物流、闭环供应链管理及相关研究领域的科研人员阅读。

在本书完成之际,谨向我的博士生导师达庆利教授致以最崇高的谢意和敬意!恩师之情,永远难忘!

谨以此书献给我多年求学与奋斗过程中一直默默奉献、给予我最有力支持和无私关心的老师、同学、朋友们!

王文宾

2009年12月

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	3
1.3 研究框架	4
1.4 主要创新点	8
2 闭环供应链的理论基础和相关文献综述	11
2.1 闭环供应链的理论基础	11
2.2 闭环供应链的研究综述	17
2.3 本章小结	29
3 闭环供应链利润分配的基本模型	31
3.1 闭环供应链利润分配模型的建立	32
3.2 管理意义分析	36
3.3 算例分析	39
3.4 本章小结	41
4 考虑市场细分的闭环供应链利润分配	42
4.1 考虑市场细分的闭环供应链生产与定价联合决策	43
4.2 考虑市场细分的闭环供应链回收与定价联合决策 下的利润分配	53
4.3 本章小结	59

5	逆向供应链协调机制设计	60
5.1	回收量随机条件下逆向供应链协调的补贴契约设计	61
5.2	基于回收努力程度的逆向供应链激励机制设计	68
5.3	本章小结	76
6	政府对于回收再制造的奖惩机制研究	77
6.1	奖惩机制下制造商回收再制造决策	79
6.2	奖惩机制下逆向供应链回收再制造决策	90
6.3	基于回收价的再制造逆向供应链协调的奖惩机制设计	98
6.4	奖惩机制下闭环供应链的决策	112
6.5	本章小结	121
7	考虑渠道权力结构的闭环供应链定价与协调	123
7.1	模型描述与基本假设	124
7.2	考虑渠道权力结构的闭环供应链定价策略	127
7.3	四种渠道权力结构下制造商和零售商均衡解的比较	130
7.4	模型拓展——考虑渠道权力结构的闭环供应链协调	131
7.5	算例分析	134
7.6	本章小结	138
8	基于广义随机 Petri 网的再制造逆向供应链网络流程建模	140
8.1	广义随机 Petri 网(GSPN)的基本概念	141
8.2	再制造逆向供应链网络结构	142

8.3	再制造逆向供应链建模方法	143
8.4	再制造逆向供应链的广义随机 Petri 网模型	144
8.5	再制造逆向供应链的性能分析	147
8.6	本章小结	150
9	第三方负责回收的再制造闭环供应链网络均衡模型	152
9.1	问题描述及变量定义	153
9.2	再制造闭环供应链网络成员行为及各层级网络 均衡模型	155
9.3	再制造闭环供应链网络均衡模型	160
9.4	算例分析	162
9.5	本章小结	167
10	零售商负责回收的再制造闭环供应链网络均衡模型	168
10.1	基本假设与变量定义	168
10.2	再制造闭环供应链网络均衡模型	170
10.3	再制造闭环供应链网络均衡模型的求解	176
10.4	算例分析	177
10.5	本章小结	180
11	结论与展望	181
11.1	本书的主要工作	181
11.2	研究展望	183
附录		185
参考文献		190

1 绪 论

1.1 研究背景

20 世纪 80 年代初,供应链管理开始被企业界和学术界关注。进入 90 年代以来,资源与环境问题凸显,以废旧产品回收再利用为特征的逆向物流引起了学术界、企业界及政府部门的重视。“逆向物流”这个名词最早由 Stock 在 1992 年给美国物流管理协会的一份研究报告中提出。后来各国对逆向物流给出了不同的定义,现在越来越被普遍接受的观点为:逆向物流是在整个产品生命周期中对产品和物资的完整的、有效的和高效的利用过程的协调。逆向物流的出现推动了供应链管理理论的发展,与传统供应链相似,对应于逆向物流的供应链为逆向供应链。2000 年以来,供应链与逆向供应链的整合问题逐渐被企业界和学术界重视,这种新型供应链便是闭环供应链。

在废旧家电回收利用领域,我国已在浙江、山东和广东省贵屿镇进行试点;在汽车行业,国家循环经济试点单位为济南复强动力有限公司和北京金运通大型轮胎翻修厂。可见,我国在逆向物流和闭环供应链管理方面已经迈出了重要的一步。

一般认为,传统供应链的物流仅考虑物料沿“供应商→制造商→分销商→零售商→消费者”方向的单向流动,或称正向供应链。相对于正向供应链(SC),逆向供应链(RSC)是指为了回收使用过的产品并进行处置或再利用而形成的供应链。参与成员主要有用户、回收商、集中退货及回收中心、原制造商、供应商、服务商和销

售商等。闭环供应链(CLSC)则是指从产品的全生命周期角度出发,将正向和逆向的供应链活动整合起来,进行产品的回收、再加工和再销售整个过程的供应链。

闭环供应链的利益相关者为:供应商、制造商、分销商、零售商、第三方回收商、消费者和政府有关部门。

企业(包括制造商和零售商等)的社会责任可以概括为:第一,创造社会财富和税收;第二,创造就业机会;第三,在节约资源、保护环境的约束下科学发展。但长期以来,我国经济发展以粗放式为主,在资源投入同时,造成了环境的严重破坏和资源的大量浪费。企业在发展过程中忽视了第二、第三个社会责任。随着党中央科学发展观的提出,废旧产品和物资的回收再利用得到社会关注。对于我国这样一个发展中国家,废旧物品和物资的回收再利用能够为社会创造就业机会,并可以引导企业走科学发展的道路,具有重要的社会意义。

消费者对于闭环供应链的实施具有重要作用。一方面,消费者是废旧产品的供应者,只有消费者具有较高的社会环保意识,才会支持企业实施闭环供应链;另一方面,消费者是再制造产品的购买者,只有消费者对再制造产品具有较高的接受程度,才能保证再制造产品的销售渠道畅通。消费者环境保护意识的提高需要大力宣传,科学引导。企业和政府部门具有宣传回收再利用废旧产品和物资、引导消费者增强资源环境意识的责任。

第三方回收商是逆向供应链和闭环供应链的重要成员。当前由于第三方回收商缺乏技术指导和政策引导,规模较小,运作不够规范。但第三方回收商更接近消费者和需求市场,具有成本和信息方面的优势,其回收活动也比较灵活。我国广东省已出现较多的第三方回收商,有些回收商还建立了自己的网站。

政府部门除了引导消费者提高对回收再制造的认识外,还需要引导企业,特别是制造商,实施闭环供应链管理,并引导第

三方回收商规范运作。尽管闭环供应链以市场运作为主,但由于企业和消费者缺乏对回收再制造的认识,政府的引导是必要的。

由以上可以看出,闭环供应链的实施较传统的正向供应链有很大不同,具体可归纳为如下三点:

(1) 从利益相关者来看,政府在闭环供应链中的作用比在正向供应链中的要大。

(2) 企业(包括制造商和零售商等)需要承担起逆向物流的责任,闭环供应链使得传统供应链的“单车道”模式转变为“双车道”模式。这对于企业来讲是一个挑战。

(3) 消费者已经从传统意义的产品购买者转变为多层职能:传统产品购买者、再制造产品购买者和废旧产品的供应者。

由于闭环供应链的复杂性,传统的供应链理论已经不再适用。闭环供应链的实施将带来一系列管理新问题,例如闭环供应链的产品定价、产量及成员的利润分配,闭环供应链如何协调,政府可否通过激励机制引导闭环供应链的实施,多个制造商、多个零售商和多个消费者市场构成的闭环供应链网络具有怎样的运作规律等。可以预见,这些方面的研究具有重要意义。

1.2 研究意义

闭环供应链的利润分配、协调机制和网络均衡的研究具有重要的理论意义和应用价值主要表现在以下 5 个方面:

(1) CLSC 利润分配的研究拓展了供应链成员利润分配的研究成果,丰富了供应链管理理论,也为闭环供应链成员企业,尤其是制造商应对逆向物流,提供了决策参考。

(2) 探讨再制造 RSC 和 CLSC 下契约协调的理论与方法,丰富再制造 CLSC 的契约协调理论。对 RSC 和 CLSC 协调方面的

研究,丰富和发展了传统的供应链管理理论,为逆向供应链和企业原有的正向供应链优化整合,形成基于实现产品全生命周期理论的闭环供应链管理理论奠定了基础。

(3) 有助于引导制造商提高废旧产品的回收率和再制造率,从而减少资源浪费并保护生态环境。

(4) 为政府部门制定逆向物流政策提供决策支持。具体表现为如何设计合理的激励机制引导闭环供应链成员积极参与回收再制造工作。

1.3 研究框架

1.3.1 研究内容

第1章为绪论。主要介绍了本书的研究背景、研究意义、研究框架和主要创新点。

第2章为闭环供应链管理的理论基础和相关文献综述。在理论基础,首先列举了逆向与闭环供应链管理的综述文献,然后从再制造闭环供应链的利润分配、闭环供应链的契约协调机制研究、基于 Petri 网的再制造逆向供应链建模与性能分析以及闭环供应链的网络均衡模型与分析等方面分别论述了闭环供应链近年来的相关研究进展。

第3章为闭环供应链利润分配的基本模型。该模型不考虑新制造产品和再制造产品的定价差异,而从废旧产品回收和再制造产品生产、销售的角度研究了制造商参与回收再制造对于闭环供应链的影响,特别是对于消费者的影响。

第4章为考虑市场细分的闭环供应链生产、定价及回收策略。与第3章不同,本章考虑了新制造产品和再制造产品之间的影响,根据消费者对这两种产品的偏好程度而进行市场细分,研究市场

细分条件下闭环供应链的生产、定价、回收及消费者偏好程度对于利润分配的影响。

第5章为逆向供应链协调机制研究。主要包括回收量随机条件下逆向供应链协调的补贴契约设计和基于回收努力程度的逆向供应链激励机制设计两部分。第一部分探讨了补贴契约对于逆向供应链协调的有效性;第二部分运用委托代理理论研究了逆向供应链的激励机制设计问题。

第6章为政府对于回收再制造的奖惩机制研究。主要包括:奖惩机制下电子类产品制造商回收再制造决策、奖惩机制下电子类产品逆向供应链回收再制造决策、基于回收价的再制造逆向供应链协调的奖惩机制设计和奖惩机制下闭环供应链的决策四部分。前两部分都是以回收率和新产品批发价、零售价为决策变量。第三部分以回收价和新产品批发价、零售价为决策变量,从回收量取决于定价的角度探讨了再制造逆向供应链协调的奖惩机制设计。第四部分讨论了基于回收率的奖惩机制与基于回收量的奖惩机制对于闭环供应链提高运作效率的差异。

第7章从渠道权力结构的角度研究闭环供应链的定价与协调。闭环供应链成员的决策与渠道权力结构关系密切,本章研究了四种渠道权力结构下闭环供应链的定价问题,比较其定价和利润差异,并运用二部定价契约的思想探讨了不同渠道权力结构下闭环供应链的协调方法。

第8章分析了再制造逆向供应链网络的性能,运用基于广义随机 Petri 网(GSPN)的建模分析方法,并根据 GSPN 与马尔可夫链的同构关系将 GSPN 模型转化为等价的马尔可夫链模型。通过马尔可夫链及相关数学方法得出再制造供应链网络的主要性能指标和各个环节的性能指标。

第9章研究了我国废旧电子产品立法,分析了供应商、制造商、零售商、需求市场及回收商的行为,建立了五级再制造闭环供

应链网络均衡模型。模型考虑了政府对于制造商的惩罚政策与对于回收商的补贴政策。通过修正投影算法仿真分析了旧材料转化率、回收率以及惩罚和补贴政策对闭环供应链网络均衡结果的影响。

第 10 章讨论了零售商负责回收的再制造闭环供应链网络均衡问题,建立了由多个制造商、零售商和需求市场构成的再制造闭环供应链网络变分不等式模型。该模型中零售商既负责销售又负责回收废旧产品;考虑了再制造产品价格与新制造产品价格的不同且这两种产品具有可替代性的特点;政府对未能完成回收任务的制造商用罚款政策影响该闭环供应链的均衡状态。最后用修正投影算法仿真分析了外生变量变化对决策的影响。

第 11 章为结论和展望。本章列举了本书的主要研究结论,并展望了进一步的研究方向。

1.3.2 研究方法

(1) 按照先定性分析后定量研究,从简单到复杂循序渐进的逻辑研究顺序,在对问题进行机理性的定性分析的基础上,综合运用运筹学、博弈论、数理统计、委托代理、Petri 网、变分不等式等理论和方法建立数学模型进行量化分析,得出科学的结论。

(2) 计算机仿真模拟的方法。当模型参数较多时,变量关系较为复杂,难以求出解析解,采用仿真模拟的方法,得到数值解,进一步归纳出数学模型的特点和性质,发掘问题的规律。

1.3.3 研究的技术路线

本书的研究内容包括三部分,如图 1-1 所示。每一部分研究内容是后一部分的研究基础。从已有的国内外文献可知,闭环供应链的结构研究较多,在这个基础上可以进行闭环供应链的利润分配研究。而合理的利润分配,需要协调机制的运用,故在闭环供

应链利润分配研究的基础上可以进一步研究协调机制。这些研究内容可以进一步扩展到由多个制造商、多个零售商、多个回收商及多个消费者市场构成的闭环供应链网络中做网络均衡研究。另一方面,从网络流程建模仿真的角度研究逆向供应链网络及其各个流程环节在均衡状态下的性能,从而为决策者选择更好的逆向供应链网络流程和结构提供决策支持。

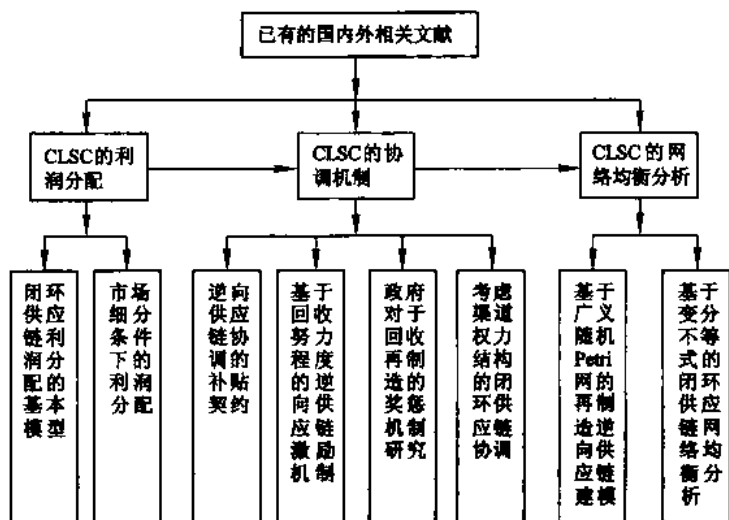


图 1-1 研究的技术路线示意图

闭环供应链利润分配的研究又可分为两部分,首先在新制造产品和再制造产品价格不加区分的假设下研究了闭环供应链利润分配,在这个基础上考虑了市场细分,进一步研究了闭环供应链的回收、定价策略及利润分配。闭环供应链的协调机制部分分为三部分:逆向供应链的协调机制、政府对于回收再制造的奖惩机制及考虑渠道权力结构的闭环供应链协调,其中,逆向供应链协调机制又包括逆向供应链协调的补贴契约和基于回收努

力程度的逆向供应链激励机制。闭环供应链的网络均衡分析包括两部分,第一部分为基于广义随机 Petri 网的再制造逆向供应链网络流程建模,第二部分为基于变分不等式的闭环供应链网络均衡分析。

1.4 主要创新点

(1) 从废旧产品回收和再制造产品生产、销售的角度研究了制造商参与回收再制造对于闭环供应链成员利益的影响,特别是对于消费者利益的影响。建立了考虑消费者利益的闭环供应链利润分配的基本模型。拓宽了闭环供应链利润分配研究,得出制造商参与回收再制造渠道有利于制造商和消费者等结论。

(2) 提出考虑市场细分的闭环供应链生产、定价、回收和利润分配问题。放松了再制造产品与新制造产品价格不同的条件,建立了考虑市场细分的闭环供应链利润分配模型。以消费者对再制造产品与新制造产品偏好程度不同为切入点,不但比较了不回收再制造和零售商回收情形闭环供应链成员决策的不同,而且比较了零售商与第三方回收下闭环供应链成员决策差异。拓宽了闭环供应链生产、定价、回收及利润分配研究,得到了一些重要结论:零售商回收时新制造产品批发价和零售价较不回收时高;第三方回收时新制造产品与再制造产品零售价较不回收时高;第三方回收时零售商具有参与闭环供应链的积极性,而零售商回收情形零售商不具有参与闭环供应链的积极性;无论谁负责回收,制造商的利润均随消费者偏好系数的增加而提高等结论。

(3) 提出再制造逆向供应链协调问题,基于报童模型、委托代理理论,建立了再制造逆向供应链协调的过剩回收量补贴契约和激励机制模型,拓宽了供应链协调机制的适用范围。得到了一些重要结论:过剩回收量补贴契约能够有效协调逆向供应链;与信息

对称情形相比,在信息不对称情形下,回收商不但能获得固定收入,而且在承担回收风险的同时能得到等比例风险补偿;制造商期望效用降低;为了获得较大期望效用,制造商需权衡代理成本与监督成本。

(4) 考虑了渠道权利结构对闭环供应链定价和协调的影响,分别建立博弈模型,比较了不同情形下闭环供应链的定价和利润差异,并针对闭环供应链不同渠道权利结构提出了二部定价契约协调机制。拓宽了闭环供应链协调研究视角。得到了不同渠道权利结构下制造商和零售商的定价和利润。提出不具有典型权利结构的情况下闭环供应链协调借助第三方(如政府、行业协会等)实现。

(5) 提出政府对闭环供应链回收再制造的引导问题。设计了奖惩机制,建立了基于政府奖惩机制的制造商回收再制造决策模型。将政府对于制造商的奖惩机制推广到逆向供应链和闭环供应链。外部行为主体政府的引入,拓宽了闭环供应链协调研究视角。发现了多种情形下奖惩机制的设计方法和适用条件。得到了政府对于制造商的奖惩机制能够有效协调逆向供应链,基于回收率比基于回收量的奖惩机制能够更好协调闭环供应链等结论。

(6) 提出从流程建模的角度研究再制造逆向供应链的性能。运用广义随机 Petri 网工具,建立了再制造逆向供应链网络模型。将基于 Petri 网的供应链性能评估推广到再制造逆向供应链情况,并根据 GSPN 与马尔可夫链的同构关系将 GSPN 模型转化为等价的马尔可夫链模型。通过马尔可夫链及相关数学方法得到再制造逆向供应链网络的主要性能指标和各个环节的性能指标。

(7) 以变分不等式(VI)为工具,分别建立了由第三方和零售商回收的闭环供应链 VI 网络均衡模型,仿真分析了政府的奖励