

不确定环境下的 闭环供应链定价、协调与 网络均衡决策

曹晓刚/著



科学出版社

不确定环境下的闭环供应链定价、 协调与网络均衡决策

曹晓刚 著

本专著出版得到国家自然科学基金(71301126)、武汉纺织大学学术著作出版基金和湖北省普通高校人文社会科学重点研究基地——企业决策支持研究中心项目(DSS20150211)的资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

闭环供应链在循环经济的理论范式下,将废旧产品的逆向回收纳入企业的战略经营决策体系下,从而在传统供应链管理模式的基础上形成了一条“资源—生产—消费—再生资源”的闭环式链条,具有反馈性、增值性的显著特征。然而,产品的回收在时间、数量和质量上的高度不确定性使得对闭环供应链相关问题的研究要复杂许多。因此,本书在供应链决策环境不确定的条件下,依据决策优化理论、博弈论、协调理论和均衡理论等方法,综合考虑消费者偏好、再制造成本节约、供应链渠道结构、决策成员风险偏好行为以及博弈结构等对企业最优决策的影响,研究再制造闭环供应链的定价决策、协调机制和网络均衡问题。

本书适合作为管理科学与工程、工业工程、系统工程和相关学科专业的研究生以及管理科学工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

不确定环境下的闭环供应链定价、协调与网络均衡决策/曹晓刚著. —北京:科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-051987-0

I. ①不… II. ①曹… III. ①供应链管理—研究 IV. ①F252.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 044094 号

责任编辑:马 跃 / 责任校对:彭珍珍
责任印制:张 伟 / 封面设计:无极书装

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2017 年 3 月第一次印刷 印张:7 1/2

字数:150 000

定价:56.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

过去 10 多年来, 闭环供应链的定价与协调决策问题已成为管理科学中的热点问题, 原因是随着资源短缺和环境问题的日益突出, 政府和企业都在寻求一种能够解决生产和资源平衡问题的方法, 闭环供应链正是顺应了这一趋势, 在循环经济的理论范式下, 将废旧 (end-of-life, EOL) 产品的逆向回收纳入企业的战略经营决策体系下, 从而在传统供应链管理模式的基礎上形成了一条“资源—生产—消费—再生资源”的闭环式链条, 具有反馈性、增值性的显著特征。然而, 产品的回收在时间、数量和质量上的高度不确定性使得对闭环供应链相关问题的研究要复杂许多。因此, 本书旨在在供应链决策环境不确定的条件下, 依据决策优化理论、博弈论、协调理论和均衡理论等方法, 综合考虑消费者偏好、再制造成本节约、供应链渠道结构、决策成员风险偏好行为以及博弈结构等对企业最优决策的影响, 探讨再制造闭环供应链的定价决策、协调机制和网络均衡问题。

本书组成如下: 第 1 章为研究背景与意义; 第 2 章为国内外研究现状与分析。剩下的主要内容分为两部分, 第一部分探讨了闭环供应链的定价及协调策略, 其中, 第 3 章分析随机需求下考虑零售商竞争的闭环供应链的定价与协调决策问题; 第 4 章在第 3 章的基础上, 考虑专利保护因素下的闭环供应链的协调问题; 而第 5 章则同时考虑模糊需求与不对称信息下的再制造闭环供应链的协调问题; 第 6 章在回收存在不确定下分析不同博弈结构的闭环供应链的定价及协调决策问题。第二部分也就是第 7 章和第 8 章, 在随机需求下探讨闭环供应链的网络均衡决策问题。

非常感谢华中科技大学管理学院的杨超, 武汉纺织大学的黎继子、夏火松, 本书的编写受益于与他们的研讨, 以及他们给予的有价值的建议。另外, 还要特别感谢华中科技大学管理学院的博士生郑本荣, 湖北工业大学理学院的闻卉老师, 在过去的几年中他们为本书的编写做了大量的工作。

非常高兴能够与科学出版社的编辑工作人员一起合作, 在此, 我要特别感谢李嘉女士。本书的出版得到了武汉纺织大学学术著作出版基金的资助。

我要向我的妻子和儿子表示谢意, 他们的爱、支持和鼓励伴随着本书的写作过程。

武汉纺织大学管理学院 曹晓刚

2017 年 1 月于武汉

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 研究内容	3
1.3 研究方法	7
1.4 本书创新之处	9
第2章 国内外相关研究综述	11
2.1 再制造闭环供应链定价与协调问题研究概述	11
2.1.1 闭环供应链的一般化定价与协调问题	11
2.1.2 不确定环境下的闭环供应链定价与协调问题	13
2.1.3 双渠道闭环供应链的定价与协调问题	14
2.2 再制造闭环供应链网络均衡研究综述	16
2.2.1 供应链网络均衡一般化问题研究	16
2.2.2 闭环供应链网络均衡问题研究	17
2.3 对现有研究成果的评析	18
第3章 随机需求下考虑零售商竞争的闭环供应链定价与协调	20
3.1 概述	20
3.2 问题描述及假设	20
3.3 非合作分散决策情形	21
3.4 合作集中决策情形	23
3.5 闭环供应链的协调	24
3.6 本章小结	27
第4章 混合需求下考虑专利保护因素的闭环供应链定价与协调	28
4.1 概述	28
4.2 问题描述及假设	29
4.3 合作集中决策情形	30
4.4 非合作分散决策情形	32
4.5 闭环供应链的协调	35
4.6 数值算例	37
4.7 本章小结	39

第 5 章 非对称信息和模糊需求下的闭环供应链协调决策研究	41
5.1 概述	41
5.2 问题描述和模型假设	42
5.3 非对称信息下模糊闭环供应链的收益共享-费用共担契约	44
5.3.1 集权闭环供应链系统的最优决策	45
5.3.2 闭环供应链收益共享-费用共担契约协调模型	47
5.4 数值算例	51
5.5 本章小结	54
第 6 章 考虑回收不确定因素的双渠道闭环供应链定价与协调模型	55
6.1 问题描述与模型假设	55
6.2 分散化决策模型	57
6.2.1 制造商领导的 Stackelberg 博弈决策	57
6.2.2 零售商领导的 Stackelberg 博弈决策	60
6.2.3 制造商和零售商 Nash 均衡博弈	61
6.3 集中化决策模型	63
6.4 不同渠道力量结构下的双渠道闭环供应链决策结果比较	64
6.5 模型拓展——双渠道闭环供应链协调契约研究	66
6.6 数值算例	68
6.7 本章小结	73
第 7 章 随机需求下考虑风险行为的闭环供应链网络均衡分析	75
7.1 概述	75
7.2 问题描述	75
7.3 闭环供应链网络成员行为及各层级网络均衡条件	77
7.3.1 供应商行为及网络均衡条件	77
7.3.2 制造商行为及网络均衡条件	77
7.3.3 零售商行为及网络均衡条件	79
7.3.4 消费市场行为及网络均衡条件	80
7.3.5 逆向供应链网络均衡条件	81
7.4 闭环供应链网络均衡模型	82
7.5 均衡条件分析	83
7.6 闭环供应链网络均衡问题的转化及求解算法	85
7.7 数值算例	86
7.7.1 均衡解随再制造率变化关系	87
7.7.2 均衡解随回收率变化规律	89

7.7.3 制造商考虑风险因素前后均衡变化对比	90
7.8 本章小结	91
第8章 具有风险规避型零售商的闭环供应链网络均衡分析	92
8.1 问题描述	92
8.2 闭环供应链网络成员行为及各层级网络均衡条件	94
8.2.1 供应商行为及网络均衡条件	94
8.2.2 制造商行为及网络均衡条件	94
8.2.3 零售商行为及网络均衡条件	95
8.2.4 消费市场行为及网络均衡条件	97
8.2.5 逆向供应链网络均衡条件	98
8.3 闭环供应链网络均衡模型及均衡条件分析	98
8.3.1 闭环供应链网络均衡模型	98
8.3.2 闭环供应链网络均衡条件分析	100
8.4 闭环供应链网络均衡问题的转化及求解算法	102
8.5 数值算例	102
8.6 本章小结	107
参考文献	108

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景与意义

20 世纪 90 年代以来, 环境污染和能源紧缺问题已逐渐成为全球关注的焦点。传统的末端治理方式不能在根本上改善环境, 还造成了大量的资源浪费, 因此, 实现社会经济的可持续发展要求把发展循环经济理念当作一种具体范式, 成为对现实生产、生活的指导准则。鉴于此, 关于废旧产品的回收再制造问题的研究和实践已得到了越来越多的学者、企业与政府的关注。2010 年 4 月, 国家发展和改革委员会确定了 14 家汽车零部件再制造试点企业和 35 家机电产品再制造试点企业, 仅汽车零部件再制造试点工作, 中央财政就已经投入了 8000 万元, 发展再制造业每年可节约 1550 亿元, 可获得巨大的经济和环境效益。废旧产品的回收再制造不仅给企业带来了显著的经济效益, 也产生了巨大的社会和环境效益, McConocha 和 Speh (1991) 曾指出产品的回收再利用不仅能够节省原材料、能源和劳动力, 降低企业提前期的不确定所带来的风险, 而且能够为企业拓展新市场以及提升企业的社会形象。开展逆向物流、进行产品的回收再制造符合循环经济的基本理念, 在当今环境保护和资源节约的社会共识下, 关于逆向物流及再制造相关问题的理论研究也要求得到不断的发展。另外, 在新的经济环境下, 消费者的消费理念也发生了较大的变化, 他们不再仅追求以最低的价格实现预期效用的最大化, 而很多消费者开始把环保的因素纳入自身的消费决策中, 逐渐乐意去接受和购买一些再制造产品。在新的市场竞争格局下, 企业的核心竞争力的培养和发展成为最为关键的一个要素, 因此, 废旧产品的回收及再制造成为企业增加收入和利润、提高企业竞争力的一个重要突破口。

然而, 仅凭单个企业很难实现废旧产品回收和再制造的成功, 因此, 必须要依靠供应链中上游供应商、制造商到下游的分销商、零售商及顾客的共同合

作。在考虑废旧产品的回收决策中,供应链中多个决策主体的协调已经超越了传统供应链单向协调的范畴,此种竞争与合作模式要求将传统的正向供应链与逆向供应链(reverse supply chain, RSC)进行有机的整合,而闭环供应链(closed-loop supply chain, CLSC)正是为了顺应这一理论思想,在传统供应链管理模式的基礎上形成了一条“资源—生产—消费—再生资源”的闭环式链条。闭环供应链管理强调从个人到企业、从政府到整个社会的共同参与决策,而其相关问题不仅包括一般供应链的决策问题,更为重要和复杂的是要考虑废旧产品逆向回收的不同环节,对闭环供应链相关问题的研究具有一般性和普遍性的意义。实施闭环供应链管理不仅能够扩大企业市场份额和提高利润,还能够提高企业的品牌影响力和竞争力,为企业赢得良好的声誉。如何将正向供应链和逆向供应链进行有机集成将成为学术界与企业界今后面临的一个巨大挑战。

再制造作为逆向物流中回收品的主要处理方式之一,是废弃物循环利用的重要途径。但是由于逆向物流的实施在时间、数量和质量上的高度不确定性,与传统的供应链管理活动相比要复杂许多,对于逆向供应链系统的量化研究,特别是逆向供应链管理的建模、优化与仿真,其复杂性要远远高于传统的供应链管理模型(Fleischmann et al., 1997)。目前,关于逆向物流及再制造系统的研究大多是从静态控制的角度着手的,呈现出单一性和片面性的缺点,而着眼于整个再制造系统的均衡及协调机制的研究仍然比较缺乏。在再制造系统中,各主体之间是竞争与合作的关系,产品价格决策、协调以及利益分配是逆向物流及再制造系统运行的关键。另外,市场呈现出多变、不确定等特点,回收的不确定性使再制造系统存在高度的不可预测性,因此,在不确定环境下(市场需求信息、回收产品质量、回收数量等)研究再制造/制造混合系统的定价与协调决策机制问题具有重要的现实意义和理论意义。鉴于此,本书基于闭环供应链外部需求与回收不确定的背景,根据循环经济和可持续发展的战略思想,在分析供应链内部成员间及销售、回收渠道的相互作用和竞争行为的基础上,研究再制造闭环供应链的定价机制、协调契约设计及网络均衡问题。具体包括如下几点:随机需求下考虑零售商竞争的闭环供应链定价与协调决策、混合需

求下考虑专利保护因素的闭环供应链定价与协调决策、非对称信息和模糊需求下的闭环供应链协调决策研究、考虑回收不确定因素的双渠道闭环供应链协调模型、随机需求下考虑风险决策行为的闭环供应链网络均衡模型和具有风险规避的零售商的竞争型闭环供应链网络均衡分析。

目前,关于再制造和闭环供应链定价与协调的问题的研究,大都是基于确定性环境下垄断的制造商或者单个制造商-单个零售商的再制造系统的背景展开的,并且主要讨论的问题是原制造商是否应该从事再制造活动,新产品和再制造存在差异,且在不确定环境下探讨再制造系统的定价与协调策略的研究的文献还很少(易余胤,2009a;易余胤和陈月霄,2010;黄祖庆和达庆利,2006;Savaskan et al., 2004; Savaskan and Wassenhove, 2006; Ferguson and Toktay, 2006)。而扩展到多层级的闭环供应链的网络均衡问题,目前的研究大多数是在传统供应链网络均衡问题分析方法的基础上探讨了一般的均衡决策。在不确定需求且考虑供应链决策成员风险态度的条件下的闭环供应链网络均衡问题的研究还非常少,需要更加系统和深入的研究。因此,本书立足于管理学科、经济学科、环境学科和信息学科交叉的特点,研究在不确定的环境下再制造闭环供应链的定价、协调与网络均衡问题是一项对闭环供应链管理实践有着很强指导作用的应用基础研究课题。从理论意义上看,对不确定环境下再制造、闭环供应链定价机制及协调问题的研究丰富和发展了供应链管理中的定价与协调理论,为闭环供应链的高效运作及有机整合提供了一定的理论借鉴;而研究闭环供应链的网络均衡问题则是对网络均衡理论有益和必要的补充,有利于提高闭环供应链的管理绩效和实现闭环供应链管理的集成化运作。从实践意义上看,该研究能为我国企业的再制造及闭环供应链管理实践提供重要的理论依据和决策支持,对发展循环经济,建设资源节约型、环境友好型社会和促进我国经济的可持续发展具有重要的实践价值。

1.2 研究内容

本书在不确定的环境下审视再制造闭环供应链中的定价、协调及网络均

衡问题,综合考虑废旧产品回收率、再制造成本节约、闭环供应链渠道结构及博弈结构对闭环供应链成员均衡决策与利润的影响,并设计了相关的协调契约对不同决策情形下的分散决策供应链进行协调。全书的研究内容主要包括两大部分,第一部分探讨闭环供应链的定价及协调策略,其中,第3章分析随机需求下考虑零售商竞争的闭环供应链的定价与协调决策问题;第4章在第3章的基础上,考虑专利保护因素下的闭环供应链的协调问题;而第5章则同时考虑非对称信息与模糊需求下的再制造闭环供应链的协调问题;第6章在回收存在不确定下分析不同博弈结构的闭环供应链的定价及协调决策问题。第二部分在随机需求下探讨闭环供应链网络均衡决策问题。本书的内容框架如图1.1所示。

具体内容如下。

第1章介绍本书主要内容的研究背景和研究意义,并对全书的主要研究内容和研究方法进行总结,在与以往研究成果对比分析的基础上说明了本书的研究创新点。第2章对国内外的相关研究成果进行综述,首先对闭环供应链的一般性的定价与协调问题进行综述,然后简要综述不确定环境下的闭环供应链定价与协调决策问题,最后对目前学术界关于闭环供应链网络均衡问题的研究成果进行简述,并对当前的研究成果进行简要的评述,从而为后面的研究提供理论参考。

第3章在随机需求环境下考虑零售商间存在竞争的闭环供应链的定价与协调问题,其中两个零售商各自面临不同的随机市场需求,并且各自的回收量都受到对方回收价格的影响。在集中决策和分散决策两种情形下分析制造商与两零售商的定价决策问题,并运用收益共享-费用共担契约实现了闭环供应链的协调。

第4章在新产品需求为随机需求,再制造产品需求受销售价格影响的混合需求条件下,以博弈论为主要工具,研究受专利保护的再制造闭环供应链的定价与协调问题,分析集中决策和分散决策两种情形下的新产品最优订购量、废旧产品最优回收价格、最优专利许可费用、再制造产品最优零售价格以及供应链

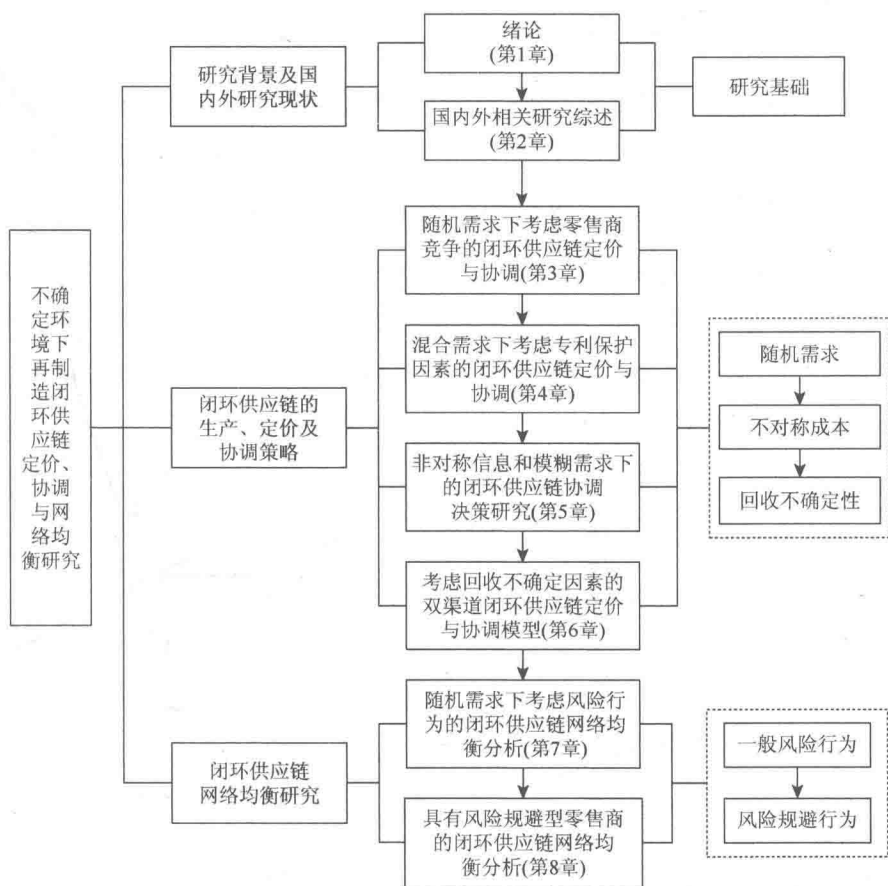


图 1.1 本书的内容框架图

的最优利润，并通过收益共享-费用分担契约对闭环供应链系统进行协调，同时，通过数值算例验证集中决策和分散决策情形下再制造成本节约对供应链成员的最优决策与利润的影响，以及收益共享-费用共担契约对闭环供应链的协调效果。研究表明在再制造受专利保护的情况下，原制造商能通过专利许可费来影响第三方再制造商回收的废旧产品的回收价格和回收量，进而影响原制造商和第三方再制造商的收益。

第5章在非对称销售价格信息和模糊需求下，研究由单一制造商和零售商组成的两级闭环供应链系统的协调问题。通过建立不确定环境下的集中决策和收益共享-费用共担契约决策模型，分别得到不同模型下闭环供应链系统的最优策略。

并进一步通过算例分析契约下供应链各方收益随模糊需求和价格的变化情况,以及该契约对整个系统决策效率的影响。结果表明:首先,收益共享-费用共担契约能有效实现模糊闭环供应链系统的协调,实现闭环供应链系统决策的最优化;其次,需求和零售价格的不确定性程度越高,对零售商的最优订购量、供应链成员及系统利润的影响也就越大。

第6章研究电子渠道和传统渠道竞争的条件下的双渠道闭环供应链的竞争与协调策略研究。第3章~第5章均基于供应链链内竞争与合作的视角,本章考虑供应链销售渠道的竞争替代性,在由传统销售渠道和电子直销渠道共同组成的双渠道闭环供应链中,通过建立集中式决策和分散式决策模式下制造商领导的 Stackelberg 博弈(manufacturer-Stackelberg, MS)、零售商领导的 Stackelberg 博弈(retailer-Stackelberg, RS)、制造商和零售商 Nash 均衡博弈(Nash game, NG)三种不同渠道权利结构下的闭环供应链博弈模型,全面比较不同决策模式下最优传统渠道销售价格、电子渠道直销价格、批发价格、渠道成员利润及渠道总利润的差异,并得出了相关的结论。最后,以集中决策的最优结果为基准,探讨分散化决策下制造商领导的 Stackelberg 博弈情形的双渠道闭环供应链协调机制的建立问题。

第7章以变分不等式和均衡理论为基本研究工具,研究随机需求与再制造率不确定条件下多个竞争型的供应商、制造商、零售商及消费市场的行为和均衡条件。对所建立的多级闭环供应链网络均衡模型,通过拟牛顿算法求解变分不等式,并仿真分析再制造率、回收率以及风险因素对闭环供应链网络均衡结果的影响。结果表明:制造商提高再制造率能实现供应链成员利润的增加、产品价格的降低以及回收量的增加;制造商基于风险最小化和利润最大化相结合的原则进行决策能增加产品的交易量及企业的利润。

第8章研究零售商风险规避行为下的闭环供应链网络均衡决策。本章将模型扩展至由多个相互竞争的供应商、制造商及零售商构成的再制造闭环供应链网络,在随机需求且假设零售商具有风险规避特征的条件下分析闭环供应链的网络均衡问题。通过对供应链网络中不同决策层级最优化行为的分析,分别得

到各层级及整个供应链网络实现均衡的条件，并建立相关的变分不等式模型。运用拟牛顿算法对变分模型进行求解，得到不同决策层级的均衡价格、产量，并进一步运用算例仿真分析期望再制造率、零售商的风险规避程度对供应链均衡的影响。

1.3 研究方法

1. 基本研究方法

本书整体上通过量化的方法建立相关的决策模型并进行分析，遵从问题导向，主要采用博弈分析法、网络均衡理论和最优化方法等几种研究方法对不确定环境下的闭环供应链的定价机制、协调契约及网络均衡问题进行分析。具体的研究思路和方法如下。

(1) 在已有文献对不确定环境下闭环供应链的定价、协调机制、双渠道闭环供应链决策及网络均衡问题的最优决策模型的研究基础上进行深入的归纳和总结，并结合典型企业的具体实践，建立更加符合实际的决策模型。

(2) 综合运用最优化方法、变分不等式和动态竞争博弈模型对模型进行处理、分析与求解。首先分析和选取关键影响因素及变量，从而建立科学的决策模型；然后在此基础上，通过数理分析方法得到系统最优决策解。

(3) 针对较为复杂的模型，首先运用仿真模拟的方法或通过开发一定的算法获得其均衡解，进一步分析模型的性质和特点，发掘问题的规律；然后通过中间决策变量（如废旧产品回收率和再制造成本节约等）的控制，分析它们之间的关系，并总结出理论化的研究成果。

2. 研究的技术路线

本书的技术路线如图 1.2 所示。具体步骤如下。

(1) 首先，对闭环供应链基本理论构架进行梳理，然后将目前学术界的主要研究成果进行搜集、整理、分析、归纳和总结，分析现有研究存在的不足，特别是在不确定环境的视角下闭环供应链的定价、协调与网络均衡分析的研究

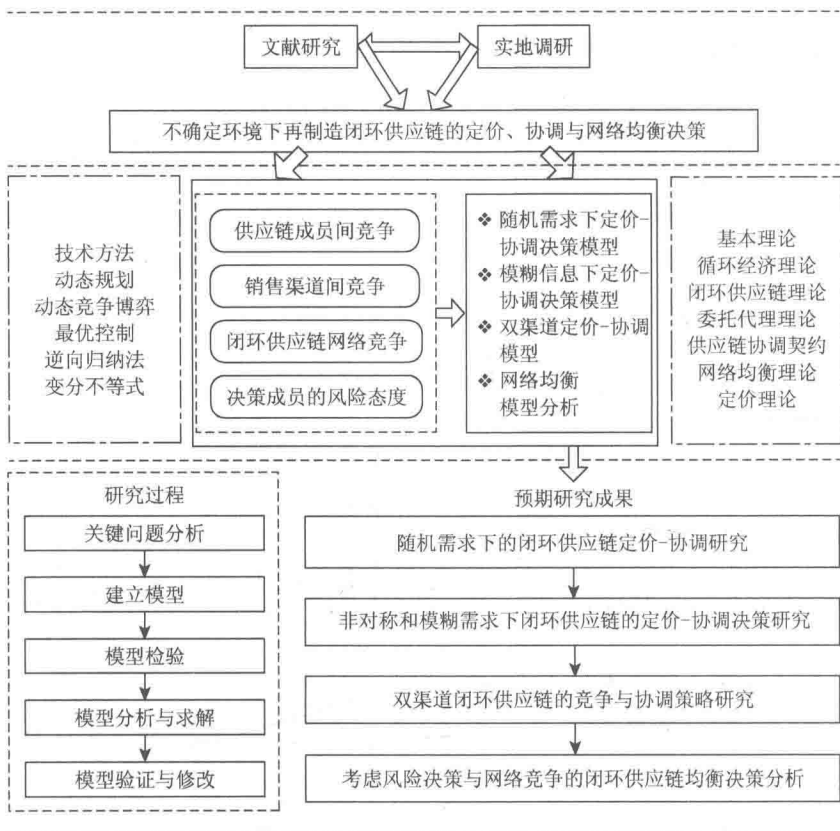


图 1.2 本书的技术路线

问题，寻找可能的突破口，从而凝练出本书所要研究的问题，为项目的研究打下基础。其次，在文献分析的基础上，围绕所要解决的问题到实际再制造企业进行相关的调研，总结出导致出现不确定性的原因以及可以解决问题的突破口。同时进一步了解企业实施再制造的难点，以及再制造产品的价值实现等问题，从而保证所建模型的合理性与科学性。

(2) 在随机需求下分析闭环供应链的定价与协调决策问题。首先，针对单一制造商和竞争型零售商构成的闭环供应链系统，运用收益共享-费用共担契约对闭环供应链进行协调。其次，在此基础上，考虑再制造商专利保护的因素，在混合需求下分析此模型下的闭环供应链的定价与协调机制的建立问题。通过对比集中决策与分散决策两种情形下闭环供应链的最优解，设计一种收益共享

契约对分散决策的闭环供应链进行协调。

(3) 上述两种情形主要考虑的是供应链成员间的竞争及合作问题。而在此基础上考虑闭环供应链的销售渠道的竞争,在回收过程存在不确定性的条件下,假设新产品与再制造产品的销售渠道不同且渠道间进行价格的竞争。通过将分散化决策情形下三种不同博弈结构的均衡解与集中决策情形的最优解进行对比,设计了一个协调双渠道闭环供应链的契约。

(4) 为了进一步探讨供应链成员间的竞争合作关系对供应链均衡的影响,通过将模型扩展至多层级、多成员间相互竞争的闭环供应链,分析在随机需求且零售商存在风险规避特征的情形下闭环供应链的网络均衡问题,分别得到各层级成员及整个闭环供应链的最优化条件,运用变分不等式对模型进行求解。最后,通过设计相关的算例分析零售商的风险决策行为和其他一些变量对均衡决策的影响。

1.4 本书创新之处

在对比分析已有相关研究的基础上,结合本书的研究内容和方法,本书的创新点主要体现在以下几个方面。

(1) 针对不确定性下的再制造闭环供应链的协调问题,目前还很少有文献涉及。本书通过探究由竞争型的零售商和单一的制造商构成的闭环供应链的定价与协调问题,设计了一种收益共享-费用共担契约,良好地协调了分散决策的闭环供应链,达到了集中决策下的最优化状态,并在此基础上探究模糊需求和非对称信息下的闭环供应链的协调问题,在研究问题上具有创新性。

(2) 目前关于双渠道闭环供应链的研究还非常有限,本书根据 Choi (1991) 的研究,在回收不确定的环境下对比分散决策的三种博弈结构的(制造商领导的 Stackelberg 博弈、零售商领导的 Stackelberg 博弈以及制造商和零售商 Nash 均衡博弈)双渠道闭环供应链的均衡解,分析传统渠道与电子渠道之间的竞争对闭环供应链最优决策的影响;同时将制造商领导的 Stackelberg 博弈决策情形的最优解与集中决策下的供应链均衡解进行对比,通过将批发价格契约与两部

收费制契约相结合实现了闭环供应链的协调，在研究视角和研究问题上具有创新性。

(3) 供应链网络均衡问题的研究已经比较广泛，但关于闭环供应链网络均衡问题的分析还比较少。本书通过建立随机需求下且零售商具有风险规避特征的闭环供应链的网络均衡模型，运用拟牛顿算法对变分不等式进行求解，并分析零售商的风险规避行为对均衡解的影响，在研究问题和研究方法上具有创新性。