基于博弈论的

供应链决策优化和协调机制研究

Research on Decision Optimization and Coordination Mechanism of Supply Chain Based on Game Theory

陈天文◎著

燕山大学出版社
YANSHAN UNIVERSITY PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

基金项目：盐城工业职业技术学院科研基金项目资助（ygy2211）；
盐城产教融合发展研究中心智库课题（2022cjrh010）；
盐城市社科基金项目（23skA127）

基于博弈论的供应链决策优化和协调机制研究

陈天文　著

燕山大学出版社
·秦皇岛·

图书在版编目(CIP)数据

基于博弈论的供应链决策优化和协调机制研究/陈天文著. —秦皇岛:燕山大学出版社,2023.12

ISBN 978-7-5761-0569-8

Ⅰ. ①基… Ⅱ. ①陈… Ⅲ. ①供应链管理—研究 Ⅳ. ①F252.1

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 199460 号

基于博弈论的供应链决策优化和协调机制研究

JIYU BOYILUN DE GONGYINGLIAN JUECE YOUHUA HE XIETIAO JIZHI YANJIU

陈天文 著

出 版 人:陈 玉

责任编辑:孙志强　　**策划编辑**:孙志强

责任印制:吴 波　　**封面设计**:刘馨泽

出版发行:燕山大学出版社 YANSHAN UNIVERSITY PRESS　　**电　　话**:0335-8387555

地　　址:河北省秦皇岛市河北大街西段 438 号　　**邮政编码**:066004

印　　刷:秦皇岛墨缘彩印有限公司　　**经　　销**:全国新华书店

开　　本:710 mm×1000 mm 1/16　　**印　　张**:14

版　　次:2023 年 12 月第 1 版　　**印　　次**:2023 年 12 月第 1 次印刷

书　　号:ISBN 978-7-5761-0569-8　　**字　　数**:240 千字

定　　价:56.00 元

版权所有　侵权必究

如发生印刷、装订质量问题,读者可与出版社联系调换

联系电话:0335-8387718

前　言

供应链是生产及流通过程中,将产品或服务提供给最终用户活动的上游与下游企业所形成的网链结构,即将产品从商家送到消费者手中的整个链条。供应链一般由多个节点企业组成,在作决策时,各节点企业往往只从自己利益最大化的角度出发,而忽略供应链系统的整体利益。研究发现,将供应链作为一个整体进行集中决策时可以使供应链的整体利益达到最大,然而供应链中的各节点企业通常都是独立的个体,具有自主决策的权利,因此设计合适的协调机制对供应链进行协调,使各节点企业的个体目标和整体目标趋向一致,实现供应链系统的帕累托改进具有重要的意义。

供应链协调大致分为四种协调机制,即协调契约,信息技术,信息共享,共同决策。相比于其他方法,协调契约对供应链成员有一定的法律约束力,同时对各成员有一定的激励作用。一个合适的协调契约可以使各成员共担风险,共享利益,可以促进彼此的信任和合作,即使不能完全实现系统全局最优,也能保证各成员取得帕累托最优解,确保每一位成员都能获取比原先分散决策时更多的利益,实现供应链成员的共赢。

本书在总结、归纳、分析前人有关供应链契约协调机制相关文献的基础上,总结近几年笔者的相关研究工作,根据现实供应链环境的变化通过博弈论对供应链进行数学建模,有针对性地为不同环境下的供应链系统设计契约协调机制,弥补研究中的不足,对相关理论进行必要补充和完善,为供应链企业间的协调管理提供理论依据。本书的核心内容主要包括以下几个方面:

(1) 从供应链的定义、供应链管理的内容、供应链上的不确定性因素、不确定环境下的供应链模型、不确定环境下的需求函数、供应链的协调机制、供应链协调契约的种类以及博弈论在供应链协调管理中的运用等方面,对国内外文献

进行了综述。

(2) 设计随机需求下供应链的协调契约,首先利用博弈论建立随机需求下集中式订购与生产决策模型、制造商领导的斯坦伯格博弈模型,在此基础上,对两种模型进行比较分析,设计两种契约对供应链进行协调,并重点研究了不确定需求对供应链的决策优化和协调参数的影响。其次考虑绿色度对消费者需求的影响,建立产品供应链集中和分散决策模型,对订购与产品绿色度的决策进行优化并设计联合协调契约,并重点分析了绿色生产中政府补贴对绿色度决策的影响。

(3) 设计随机产量下的供应链协调契约,在研究随机需求下供应链协调契约机制的基础上,对产需双重不确定下的供应链进行研究,验证回购契约的可实施性,并考虑疫情等突发事件对企业资金的影响,设计基于信用支付的联合契约,并进一步研究生产不确定性以及二级市场对供应链决策优化、绩效等方面的影响。在此基础上,基于合作博弈对随机产量下的三级供应链进行协调,证明夏普利值结合层次分析法对供应链协调的可能性和优点。

(4) 研究在随机需求下闭环供应链的协调问题,考虑政府激励、缺货成本和再制造率对供应链的影响,探究闭环供应链上各节点成员在分散决策和集中决策模式下的订购和回收价格决策。对传统供应链收益共享契约进行优化,设计收益-费用共担契约对供应链进行协调。最后分析了协调契约系数对回收价格和供应链利润的影响。

(5) 研究需求不确定且缺乏基础数据时供应链的决策优化和协调问题。前期不确定需求往往是采用概率论的方法进行模拟,将其设为正态分布或者随机分布,而当新品上市或者市场环境变化很大的时候,概率统计的方法便不再适用。因此本书进一步研究模糊需求且同时依赖于零售价格和销售努力的两级供应链的协调问题。其中模糊需求与销售努力和价格相关,建立两级供应链协调问题的决策模型,并分别研究了信息对称和信息不对称情况下的供应链协调机制。

(6) 设计直播电商环境下双渠道供应链协调契约。在传统渠道之外考虑一种新型的销售渠道——直播间促销,假设消费者需求受直播间价格折扣、产

需要全本请访问 www.ertongbook.com

品绿色度和销售努力的影响,对零售商和制造商的价格、销售努力和绿色度决策进行优化。设计 CS-GS 协调契约,并考虑供应链成员在谈判中的影响力,进行讨价还价分析,验证了协调契约和讨价还价的可实施性。最后讨论乡村振兴战略下直播电商供应链和物流协同发展的问题。

目　录

第 1 章　绪论 …… 1

1.1　研究背景及意义 …… 1
1.1.1　研究背景 …… 1
1.1.2　研究意义 …… 4
1.2　研究内容 …… 6
1.3　研究思路和研究方法 …… 8
1.4　本书主要创新点 …… 9

第 2 章　供应链协调问题综述 …… 11

2.1　供应链与供应链管理 …… 11
2.2　供应链上的不确定因素 …… 12
2.2.1　供应不确定性 …… 12
2.2.2　生产不确定性 …… 13
2.2.3　需求不确定性 …… 13
2.2.4　不确定环境下的供应链模型 …… 14
2.2.5　不确定需求环境下的需求函数 …… 15
2.3　供应链协调概述 …… 16
2.3.1　供应链协调定义 …… 16
2.3.2　供应链协调分析 …… 17
2.3.3　供应链协调机制 …… 18
2.3.4　供应链契约 …… 21
2.4　博弈论与供应链协调 …… 26
2.4.1　博弈论相关概念 …… 26
2.4.2　博弈论的分类 …… 26

2.4.3 斯坦伯格博弈 …… 28
2.4.4 纳什博弈 …… 29
2.4.5 合作博弈 …… 30
2.4.6 基于博弈论的供应链决策模型 …… 33

第 3 章 随机需求下两级供应链协调契约 …… 35

3.1 问题描述 …… 35
3.2 基本模型假设与符号 …… 35
3.3 随机需求下两级供应链决策分析 …… 37
3.3.1 集中式决策模式下的最优决策 …… 37
3.3.2 分散式决策模式下的最优决策 …… 38
3.3.3 供应链协调契约分析 …… 39
3.4 基于数量折扣契约的供应链协调 …… 40
3.5 基于回购契约的供应链协调 …… 41
3.6 数值仿真 …… 42
3.7 本章小结 …… 46

第 4 章 产需双重不确定下的易逝品供应链协调契约 …… 48

4.1 问题描述 …… 48
4.2 生产与需求不确定的两级供应链分析 …… 49
4.2.1 模型假设与符号 …… 49
4.2.2 集中式决策模式下的最优决策 …… 51
4.2.3 分散式决策模式下的最优决策 …… 52
4.2.4 分散与集中模式的供应链利润及决策比较 …… 54
4.3 基于回购契约的供应链协调 …… 55
4.4 基于信用支付的联合契约协调 …… 57
4.5 二级市场对生产不确定的供应链的影响 …… 59
4.5.1 二级市场对生产决策的影响 …… 59
4.5.2 二级市场对利润的影响 …… 60
4.5.3 二级市场对回购契约协调的影响 …… 60
4.6 纳什讨价还价分析 …… 61

4.7　数值仿真 …… 62
4.8　本章小结 …… 78

第 5 章　随机需求下闭环供应链协调契约 …… 79

5.1　问题描述 …… 79
5.2　模型符号与假设 …… 81
5.2.1　参数定义及说明 …… 81
5.2.2　基本研究假设 …… 82
5.3　闭环供应链的决策模型 …… 83
5.3.1　集中决策模型 …… 83
5.3.2　分散决策模型 …… 84
5.4　闭环供应链的收益共享契约协调模型 …… 85
5.4.1　传统收益共享契约协调模型 …… 86
5.4.2　收益-费用共担契约协调模型 …… 87
5.5　数值算例分析 …… 90
5.5.1　数值假设 …… 90
5.5.2　协调系数分析 …… 91
5.6　本章小结 …… 95

第 6 章　随机产量下基于合作博弈的三级供应链协调机制 …… 96

6.1　问题描述 …… 96
6.2　模型建立 …… 98
6.2.1　符号、假设和模型 …… 98
6.2.2　集中决策模型 …… 99
6.2.3　分散决策模型 …… 101
6.2.4　三级斯坦伯格博弈模型 …… 101
6.2.5　二级斯坦伯格博弈模型 …… 102
6.3　基于夏普利值法的合作博弈 …… 104
6.4　夏普利值法的修正和模型的构建 …… 105
6.5　数值算例分析 …… 108
6.6　本章小结 …… 113

第 7 章　随机需求下考虑绿色度的供应链协调契约 …… 115

7.1　问题描述 …… 115
7.2　模型建立 …… 116
7.2.1　参数定义及说明 …… 116
7.2.2　基本研究假设 …… 117
7.3　集中和分散决策模型 …… 117
7.3.1　集中决策模型 …… 117
7.3.2　分散决策模型 …… 119
7.4　协调模型 …… 121
7.4.1　传统收益共享契约协调模型 …… 121
7.4.2　收益共享-绿色成本共担契约协调模型 …… 122
7.5　考虑政府补贴的供应链协调模型 …… 123
7.5.1　模型建立 …… 124
7.5.2　集中式供应链 …… 125
7.5.3　分散式供应链 …… 126
7.5.4　协调契约 …… 127
7.6　数值算例分析 …… 128
7.7　本章小结 …… 133

第 8 章　模糊需求依赖于努力和价格的供应链协调契约 …… 134

8.1　问题描述 …… 134
8.2　模型建立 …… 135
8.2.1　相关模糊理论基础 …… 135
8.2.2　参数定义及说明 …… 137
8.3　集中和分散决策模型 …… 138
8.3.1　集中决策模型 …… 138
8.3.2　分散决策模型 …… 139
8.4　协调模型 …… 141
8.4.1　对称信息下的协调契约 …… 141
8.4.2　信息不对称条件下的协调契约 …… 142

需要全本请访问 www.ertongbook.com

8.5　数值算例分析 …… 143
8.6　本章小结 …… 146

第 9 章　直播电商环境下双渠道供应链协调契约 …… 147

9.1　问题描述 …… 147
9.2　模型建立 …… 149
9.2.1　参数定义及说明 …… 149
9.2.2　基本研究假设 …… 150
9.3　集中和分散决策模型 …… 151
9.3.1　集中模型 …… 151
9.3.2　斯坦伯格博弈模型——制造商主导 …… 152
9.3.3　斯坦伯格博弈模型——零售商主导 …… 155
9.4　供应链协调模型 …… 156
9.4.1　收益共享和批发价格联合契约(RSC) …… 157
9.4.2　绿色研发成本和销售努力成本共担契约(CS-GS) …… 159
9.4.3　纳什讨价还价分析 …… 161
9.5　数值算例分析 …… 162
9.6　乡村振兴战略下直播电商供应链和物流协同发展研究 …… 173
9.6.1　农村物流服务现状及存在问题 …… 174
9.6.2　构建评价指标值体系 …… 175
9.6.3　模糊综合评价 …… 180
9.6.4　电商直播企业与第三方物流公司竞合博弈分析 …… 183
9.6.5　直播电商供应链和物流服务质量协同发展对策 …… 186
9.7　本章小结 …… 188

第 10 章　总结与展望 …… 190

10.1　研究总结 …… 190
10.2　研究展望 …… 191

参考文献 …… 193

第1章　绪论

1.1　研究背景及意义

1.1.1　研究背景

在20世纪60年代至70年代间,企业开始意识到要关注市场需求,如何赢得客户的长期关注成为企业的长期发展战略。为了支持市场需求,企业需要以高质量、合理的成本生产设计出满足顾客需求的差异化的产品和服务。20世纪80年代末开始提出供应链(Supply Chain,SC)的概念,起初它着眼于如何降低物流中的库存,提高物流运行,并对供应商与消费者之间的供求数量进行调整。与此同时,国际的经济环境发生了巨大的改变,人类社会进入后工业时代,向知识经济社会迈进[1]。20世纪90年代以来,各种高新技术逐渐在制造企业中得到广泛的应用,在这种情况下,采用优化制造过程的方法使生产率提高的程度也逐渐缩小,与此同时,高新技术的迅猛发展导致产品的生命周期不断缩短,产品不断的更新换代使得市场竞争更加激烈。随着全球化市场形成、技术变革加速及网络技术的发展,新产品的市场竞争日益激烈,客户的个性化定制的需求愈加突出,市场需求的不确定性大大增加。企业面临着不断缩短交货期、降低成本和改进服务的压力,人们发现在全球化大市场环境中,任何企业不可能是所有业务中的最优秀者,为进行资源整合,优化企业资源配置,企业不但要完成自身的优化运作,同时要从整体的角度对上下游企业进行协调,形成密切合作的关系,建立一条经济利益和业务关系紧密相连的供应链,以实现企业间的优势互补、风险共担,充分利用每一个环节增强产品的竞争力[2]。传统的单个企业通常以产品质量、产品功能和分销渠道为竞争优势,为了增强企业的竞争实力,传统企业通常采用纵向一体化的商业模式,随着竞争环境的改变,企业之间的竞争逐渐开始转变为物流、信息流、资金流三位一体的供应链之间的竞争[3]。供应链理论的广泛运用,为许多企业创造了巨大的效益。如通过供应链管理,宝洁公司全面压缩供应链时间,提高供应链反应速度,解决了库存量居高不下和零售店中时常有产品脱销的矛盾,为公司节省了10亿美元的库存[4]。IBM通过对其供应链的整合,第一年就节约成本70亿美元,到2004年IBM

的高效供应链管理将其库存降到 30 年来的历史最低水平,增加了 2.85 亿美元的现金收入。戴尔公司也通过其独特的供应链战略,于 2001 年超越惠普成为世界上最大的个人电脑生产商[5]。

新经济时代的供应链是一个范围更广的企业结构模式,一条供应链通常以核心企业为主,由研发中心、制造商、分销商、零售商、物流服务商和客户等组成,其中有买卖和雇佣关系,通常各个合作伙伴是不同的实体,具有独立的经济利益和不同的经营理念。所以,在没有协调的情况下,他们在作决策时往往从自身利益最大化的角度出发,而忽略供应链的整体利益最大化的目标,从而造成一种双重边际效应[6];供应链各节点企业往往以各自利益为中心使得很多有价值的信息不共享,信息不对称使得订单向供应链上游逐级放大,造成一种牛鞭效应[7],人为造成大量的库存成本;当市场需求发生变化时,不能迅速作出调整,从而响应市场;伙伴之间缺乏良好的信誉和忠诚度,使得准时化生产过程常常发生供应不及时或者库存积压过剩;物流服务水平不到位;等等。所有这些问题使得供应链的绩效水平十分低下,为了解决双重边际化效应或多重边际化效应、牛鞭效应、信息不共享等问题对供应链所产生的不良影响,协调成为供应链管理领域中一个重要的研究焦点。2004 年,国际管理科学界的权威杂志 *Management Science* 在纪念创刊 50 周年的专辑中载文指出,供应链管理是管理可续发展 50 年来最重要的基础理论,也是 21 世纪管理科学发展的前沿[8]。21 世纪以来,我国政府和相关部门也开始高度重视供应链管理,将供应链管理放在战略管理层面,并于 2006 年 1 月 26 日发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》《(2006—2020 年)国家信息化发展战略》《中国未来 20 年技术预见研究》[9]。2014 年中国供应链管理(北京)论坛暨第六次 CSCMP 中国年会在北京举行,作为全球物流与供应链领域具有“制定标准、引领风向”地位的组织,美国供应链管理专业协会将本届年会的主题定为“供应链创造价值”。当前全球经济格局深刻调整,新兴技术推动商贸、信息、金融在云端整合,物流供应链与供应链管理已经成为全球价值链的关键驱动因素,并逐步演变为全球各类企业的共同关注。打造供应链,提升价值链,实现包容性增长将成为供应链和物流领域引领未来全球经济发展的方向。

近年来,随着自然灾害和社会突发事件的频繁发生,上游供应链供应商经常出现在生产、运输和交货等供应环节的延迟和中断现象,这些因素大大增加了供应商交货时间的不确定性,这种供应不确定性从最初的原材料供应商开始沿着供应链向下游各级逐级传递,直接影响产品的生产组装进程和交付时间,进而影响制造商

生产的不确定,严重的会直接导致制造商不能按时交货而使顾客退货并转向竞争对手购买,因此供应不确定和生产不确定是影响供应链变化的重要原因之一[4]。

需求不确定也是商业环境中的一种普遍现象,在外部环境急剧变化的今天,产品的生命周期越来越短,需求的变化越来越剧烈。需求不确定不仅使资源配置的效率降低,还增加了供应链的风险,给供应链所有成员的经济利益和活动都带来影响。由于难以掌握明确的需求信息,销售商很难制订最优的订货计划,制造商很难分配生产能力、制订生产计划,生产不足和过剩都将导致生产成本、销售成本的提高。据评估,需求不确定使供应链中生产及销售成本增加了 12.5%到 25%,使美国服装行业每年蒙受了 250 亿美元的损失,占年销售额的 25%,而且这种需求不确定带来的损失已经明显超过了整个制造成本[10]。需求不确定是供应链不确定的主要来源中之一。

从 20 世纪 60 年代开始,很多学术工作就一直专注于不同环境下的供应链。随着市场变化日益剧烈,产品更新换代升级,另外直播销售的兴起给零售业带来了革命性的变化,尤其是在新冠疫情暴发后,直播销售正迅速成为转售和代理销售平台的主要营销方式。企业与企业的竞争逐渐转变为供应链与供应链之间的竞争,供应链协调成为近年来研究供应链管理的焦点。近几年,国内外学者也逐渐开始把供应链协调管理研究的重点转到供应链契约理论上。1998—2022 年期间国内外对供应链契约的学术关注度如图 1.1 所示。可以看出国内关于供应链契约的关注从 2003 年开始,国外对于供应链契约的研究起步较早一些,从 1998 年开始,而后国内外的关注度都开始迅速增长,近几年虽有所回落,但总关注度依然很高。

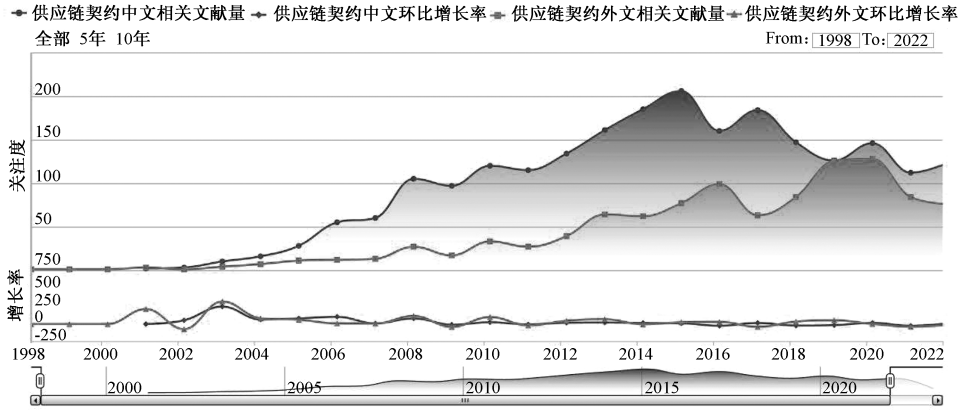


图 1.1　供应链契约的学术关注度折线图

1.1.2 研究意义

供应链在实际运作过程中面临着大量的协调问题,21 世纪的竞争不是企业和企业的竞争,而是供应链与供应链之间的竞争。供应链是典型的需要协调的系统,因为供应链的各节点企业都有各自的利益目标和价值体系,对企业的决策活动有不同的评价标准,供应链管理不善很容易造成供应链失调[11]。一般来说,供应链失调会导致以下六个方面的典型问题:

第一,各企业不能协作化分工,生产成本增加。供应链失调会导致供应链缺乏合作,企业间不共享信息,上游企业为保持一定量的安全库存,大量生产产品,不合理的生产往往造成大量的库存积压,不仅浪费企业资源,占用大量的资金,还产生一定量的库存成本,浪费空间和物流运力。

第二,产生一种需求向上游企业放大的现象(牛鞭效应)。由于这种需求放大效应的影响,供应方往往维持比需求方更高的库存水平或者说是生产准备计划。供应链上的预测不准确、需求不明确、供给不稳定,企业间合作性与协调性差,造成了供应缺乏、生产与运输作业不均衡、库存居高不下、成本过高等现象[12]。这些因素和企业制造过程中的不确定因素叠加在一起,将会降低供应链的利润,导致巨大经济损失。

第三,缺少快速应变的能力。缺乏协调的供应链在面对快速变化的市场需求时,各成员企业往往难以安排适当的生产计划、订货计划及应对措施。经常会造成当前生产能力和库存不能满足需求的情况,导致整条供应链没有办法在短时间内迎合市场的需求,错过良机,更严重时丧失市场竞争力。

第四,供应链中各成员企业出现信任危机。供应链失调会导致供应链各成员企业各自为政,相互欺瞒,互不信任,从而在有问题出现时不能够及时沟通,一旦出现利益冲突就会产生过激反应,使得合作变得非常困难。

第五,运输成本上升。为了应对信息不对称带来的忽高忽低的不确定的市场需求,制造商需保持较高的运输能力水平以保证需求量最大时的运输能力,这在需求量下降或不足时等同浪费[13]。

第六,订货提前期延长。由于信息不对称,制造商不了解具体的市场需求信息,很难制订最优的生产计划,对于有时会出现的制造商产能和库存不能满足市场需求的情形,订货方只能提前订货,导致供应提前期延长[13]。

供应链各成员都想在市场上更具有竞争力,作为供应链的一个组成部分,所有

需要全本请访问 www.ertongbook.com