

分类号: F274

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2220720104



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题 目 基于区块链技术的共享供应链

决策研究

论 文 作 者 刘书宁

指 导 教 师 叶同 副教授

学 科 (专 业) 管理科学与工程

研 究 方 向 物流与供应链管理

论文提交日期: 2025 年 5 月 14 日

分类号: F274
密 级: 公开

单位代码: 10363
学 号: 2220720104

题 目 基于区块链技术的共享供应链决策研究

英文并列

题 目 **Research on Decision-Making in Shared Supply Chains**
Utilizing Blockchain Technology

学生姓名: _____ 刘书宁 _____

指导教师: _____ 叶同 副教授 _____

专 业: _____ 管理科学与工程 _____

研究方向: _____ 物流与供应链管理 _____

论文答辩日期: _____ 2025 年 5 月 14 日 _____

安徽工程大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：我恪守学术道德，崇尚严谨学风。所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已明确注明和引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品及成果的内容。论文为本人亲自撰写，我对所写的内容负责，并完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：刘书宇

日期：2025 年 5 月 14 日

安徽工程大学学位论文版权使用授权书

学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权安徽工程大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ☐，在 _____ 年解密后适用本版权书。

本学位论文属于

不保密 ☒。

学位论文作者签名：刘书宇

日期：2025 年 5 月 14 日

指导教师签名：叶同

日期：2025 年 5 月 14 日

基于区块链技术的共享供应链决策研究

摘 要

随着共享经济的快速发展,信息不对称和信任缺失等问题日益凸显,成为制约共享经济发展的瓶颈。区块链技术凭借其去中心化、数据不可篡改等特性,为解决共享经济中信息不对称和信任缺失等问题提供了新思路 and 有效手段。在此背景下,全面研究了基于区块链技术的共享供应链决策问题,旨在探讨区块链技术在共享供应链中的应用潜力及其对决策过程的影响。

首先,构建了无区块链技术和有区块链技术下的共享供应链决策模型,通过对比分析揭示了区块链技术对共享供应链决策的多方面影响。研究发现,在无区块链技术环境下,共享平台因信息不对称和信任缺失而面临高昂的交易成本。而引入区块链技术后,供应链透明度增强、提升了供应链的交易可追溯性和安全性,显著增强了消费者信任,进而促进了共享经济的发展。

其次,探讨了自建链和 DAPP (Decentralized Application, 去中心化应用) 这两种区块链开发方式对共享供应链决策的影响。自建链模式能够根据企业需求提供高度定制化的服务,但成本高昂且开发难度较大;而 DAPP 模式则基于现有区块链平台开发,成本较低且开发过程简便,更受消费者信赖。通过构建基于不同开发方式的决策模型,分析了两种模式在区块链性能、可控性、成本、消费者信任等方面的优劣势,为企业选择合适的区块链开发方式提供了理论依据。结果表明, DAPP 模式在提升消费者信任和降低运营成本方面表现出色,尤其适用于中小企业和初创企业。

最后,研究了不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策

问题。转让模式和代理模式是共享供应链中两种主要的商业模式，它们在运营策略、利益分配等方面存在显著差异。构建了转让模式和代理模式下的决策模型，并揭示了两种模式下成本分担比例对决策结果的影响。研究发现，在转让模式下，制造商往往设定较高的零售价格以确保利润空间，但共享平台的利润相对受限；而在代理模式下，通过紧密合作与利益共享，共享平台成为最大受益者，但制造商利润相对缩减。

本文的研究成果不仅丰富了区块链技术在供应链管理领域的应用研究，也为共享经济的发展提供了新的理论支持和实践指导。

关键词：共享供应链，区块链，开发方式，商业模式，博弈论

Research on Decision-Making in Shared Supply Chains Utilizing Blockchain Technology

ABSTRACT

With the rapid development of the sharing economy, issues such as information asymmetry and trust deficiency have become increasingly prominent, serving as bottlenecks that constrain the growth of the sharing economy. Blockchain technology, with its characteristics of decentralization and immutability of data, offers new insights and effective solutions to address these problems in the sharing economy. Against this backdrop, a comprehensive study was conducted on the decision-making issues in sharing supply chains based on blockchain technology, aiming to explore the application potential of blockchain technology in sharing supply chains and its impact on the decision-making process.

Firstly, decision-making models for sharing supply chains were constructed both with and without blockchain technology. Through comparative analysis, the multifaceted impacts of blockchain technology on decision-making in sharing supply chains were revealed. The study found that in an environment without blockchain technology, sharing platforms face high transaction costs due to information asymmetry and trust deficiency. However, with the introduction of blockchain technology, supply chain transparency is enhanced, transaction traceability and security are improved, and consumer trust is significantly strengthened, thereby promoting the development of the sharing economy.

Secondly, the impacts of two blockchain development approaches—building a private chain and developing decentralized applications (DAPP)—on decision-making in sharing supply chains are

explored. The private chain model can provide highly customized services according to enterprise needs, but it comes with high costs and significant development challenges. In contrast, the DAPP model, which is developed based on existing blockchain platforms, offers lower costs and a simpler development process, making it more trusted by consumers. By constructing decision-making models based on different development approaches, the advantages and disadvantages of the two models in terms of blockchain performance, controllability, cost, and consumer trust are analyzed, providing a theoretical basis for enterprises to choose an appropriate blockchain development approach. The results indicate that the DAPP model excels in enhancing consumer trust and reducing operational costs, making it particularly suitable for small and medium-sized enterprises and startups.

Finally, the decision-making issues in sharing supply chains based on blockchain technology under different business models are investigated. The transfer model and the agency model are two primary business models in sharing supply chains, and they differ significantly in operational strategies and profit distribution. Decision-making models for both the transfer model and the agency model are constructed, and the influence of cost-sharing ratios on decision outcomes under these two models is revealed. The study finds that in the transfer model, manufacturers often set higher retail prices to ensure profit margins, but the profits of sharing platforms are relatively limited. In contrast, under the agency model, through close cooperation and profit sharing, sharing platforms become the biggest beneficiaries, while manufacturers' profits are relatively reduced.

The research findings of this paper not only enrich the application research of blockchain technology in the field of supply chain management but also provide new theoretical support and practical

guidance for the development of the sharing economy.

KEY WORDS: shared supply chain, blockchain, development approach, business model, game theory

Author: Liu Shuning (school of economics and management)

Supervised by: Professor Ye Tong

目 录

摘 要	I
ABSTRACT.....	III
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	3
1.2.1 理论意义	3
1.2.2 实际意义	3
1.3 研究内容及方法	4
1.3.1 研究内容	4
1.3.2 研究方法	5
1.3.3 技术路线	6
1.4 论文创新点	6
第 2 章 文献综述	8
2.1 共享企业决策研究	8
2.2 基于区块链技术的供应链决策研究	12
2.3 文献评述	14
第 3 章 区块链技术对共享供应链决策的影响研究.....	15
3.1 模型描述与假设	15
3.1.1 模型描述	16
3.1.2 假设与符号说明	16
3.2 模型构建和求解	19
3.2.1 不采用区块链技术下共享供应链决策模型	19
3.2.2 采用区块链技术下共享供应链决策模型	20
3.3 解析分析	22
3.3.1 关键参数的影响分析	22
3.3.2 引入区块链技术前后决策对比分析	26
3.4 数值分析	28
3.4.1 关键参数对区块链性能策略的影响和对比分析	28
3.4.2 关键参数对价格策略的影响和对比分析	29

3.4.3 关键参数对最优利润的影响和对比分析	32
3.5 本章小结	35
第 4 章 不同区块链开发方式下共享供应链决策研究.....	37
4.1 模型描述与假设	37
4.1.1 模型描述	38
4.1.2 假设与符号说明	39
4.2 模型构建和求解	41
4.2.1 基于自建链的共享供应链决策模型	42
4.2.2 基于 DAPP 的共享供应链决策模型	43
4.3 解析分析	45
4.3.1 关键参数的影响分析	45
4.3.2 不同区块链开发方式下决策对比分析	46
4.4 数值分析	48
4.4.1 关键参数对区块链性能策略的影响和对比分析	48
4.4.2 关键参数对价格策略的影响和对比分析	49
4.4.3 关键参数对最优利润的影响和对比分析	52
4.5 本章小结	55
第 5 章 不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策研究.....	57
5.1 模型描述与假设	57
5.1.1 模型描述	58
5.1.2 假设与符号说明	59
5.2 转让模式下共享供应链决策模型	61
5.2.1 转让模式下基于自建链的共享供应链决策模型	61
5.2.2 转让模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型	63
5.3 代理模式下共享供应链决策模型	65
5.3.1 代理模式下基于自建链的共享供应链决策模型	65
5.3.2 代理模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型	67
5.4 解析分析	69
5.5 数值分析	70
5.5.1 关键参数对区块链性能策略的影响和对比分析	70
5.5.2 关键参数对价格策略的影响和对比分析	71
5.5.3 关键参数对最优利润的影响和对比分析	74

5.6 本章小结 77

第 6 章 结论与展望 79

6.1 结论 79

6.2 展望 80

参考文献 82

攻读硕士学位期间发表的学术论文.....87

致谢 88

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

随着互联网技术的飞速发展和创新商业模式的不断涌现,共享经济作为一种新兴的经济模式,正逐渐在全球范围内显现出其发展势头。共享经济平台的崛起,如滴滴出行和共享住宿等,不仅重塑了人们的日常生活模式,还在资源优化配置、高效连接供需双方以及推动就业创业等领域展现出显著效能,为创新经济发展路径和加速经济增长提供了强劲动力。对于“共享经济”的概念,最早是由 Felson 和 Spaeth^[1]提出,但时至今日,在学术界,对于“共享经济”的本质含义及其所涵盖的范围,认知过程正处于持续深化与拓展的阶段。目前,学术界和业界普遍认可的共享经济定义为:借助互联网平台,人们能够进行物品、知识、时间或服务的共享、以物易物、集体采购、商业交易以及租赁等一系列创新性的文化活动和新型经济模式。这一定义充分体现了共享经济的多元化和包容性,也揭示了其依托互联网平台、实现资源高效配置的本质特征^[2]。

近年来,我国共享经济的市场体量不断攀升,已然成为驱动经济增长的一股关键力量。根据《中国共享经济发展报告(2023)》的数据显示,2022 年我国共享经济市场交易规模达到了约 3.832 万亿元,同比增长约 3.9%^[3]。该数据不仅凸显出共享经济所蕴含的旺盛活力,更体现出其在提升经济发展韧性以及稳固就业岗位等方面所发挥的积极作用。共享经济平台依托互联网技术的显著优势,能够高效且大规模地精准匹配供需双方,进而提升市场运行效率,推动资源实现更优化的配置。然而,信息不对称和诚信缺失等问题却成为制约其进一步发展的瓶颈。为了解决这些问题,保障共享经济的可持续性和公平性,亟需引入新的技术手段和管理模式。

在全球化竞争深化与数字技术迭代的双重驱动下,传统供应链管理正面临结构性挑战。一方面,市场需求呈现高度碎片化与动态化特征,消费者对产品交付速度、定制化程度及质量追溯的需求持续攀升;另一方面,企业间信息壁垒导致的“数据孤岛”问题尚未根本性解决,供应链各环节存在信息断层与协作割裂,使得需求预测偏差率长期居高不下(约 30%-50%),“牛鞭效应”引发的库存积压

与缺货风险并存，物流成本占企业总运营成本比重仍高达 15%-20%。此外，商业机密保护与协同共享的矛盾日益凸显，供应链成员因数据主权顾虑而倾向于“信息保守”，导致全链条资源整合效率不足，产业集群协同优势难以充分释放。

共享供应链是一种基于信息共享、资源整合和协同运作的供应链管理新模式，其核心在于通过打破企业间的信息壁垒，实现供应链各环节的高效协同。共享供应链作为一种新型组织范式，通过区块链、物联网、大数据等数字技术构建透明化、柔性化、生态化的协作网络，为上述困境提供了破局路径。其核心特征在于以数据共享打破企业边界，通过分布式账本实现全链条信息可信流转；以资源整合优化配置效率，依托智能算法动态匹配供需并降低冗余成本；以风险共担重构信任机制，借助智能合约实现利益分配的自动化与公平化。研究表明，实施共享供应链模式的企业可将库存周转率提升 25%-40%，订单交付周期缩短 30%-60%，客户满意度提高 15%-25%。然而，现有研究多聚焦于单一技术应用或局部流程优化，对共享供应链的跨主体决策机制、技术-模式适配性及动态风险治理仍缺乏系统性分析，亟需构建融合技术特性、商业逻辑与治理规则的理论框架，以指导产业实践向纵深发展。

区块链技术，作为一种分布式账本技术，凭借其去中心化、数据不可篡改以及高度透明等独特性质，为共享经济领域中的信任难题带来了创新性的解决方案。在区块链构建的网络体系里，每一笔交易记录均被公开且透明地保存在区块链上，任何单一节点都不具备单方面修改数据的能力，这极大地减少了信息不对称所带来的潜在风险。此外，区块链技术还能够借助智能合约等先进机制，构建起更为健全和完善的信誉评估系统。智能合约本质上是一套自动执行的合约条款，它能够在预设条件达成时，自动触发并执行相应的操作。在共享经济中，智能合约可以用于评价参与者的信用状况，并根据信用评分进行奖惩，从而有效遏制诚信缺失的现象。综上所述，区块链技术为解决共享经济中的信息不对称和诚信缺失问题提供了有效的技术手段。通过引入区块链技术，可以建立更加透明、可信的交易环境，降低了交易成本，提高了交易效率，从而推动共享经济的健康、可持续发展。

1.2 研究意义

基于区块链技术的共享供应链决策问题是一个前沿研究课题，其研究不仅能丰富共享供应链决策理论，还能为区块链技术背景下的共享平台和制造商提供最优策略制定的管理建议，具有重要的理论意义与实践价值，这对于促进共享经济与区块链技术的深度融合与发展具有积极推动作用。

1.2.1 理论意义

理论上，已有研究在探讨共享供应链采用区块链技术的必要性方面存在不足，同时，对于自建链模式和 DAPP 模式下的共享供应链决策问题，以及不同商业模式下基于区块链的共享供应链决策问题的研究也尚显薄弱。为弥补这些研究不足，本文分别构建了区块链技术下的共享供应链决策模型、不同区块链开发方式下的决策模型，以及基于区块链的不同商业模式下的决策模型。通过这些模型的构建与分析，深入剖析了区块链技术对共享供应链决策的影响，此项研究具备显著的理论意义。

1.2.2 实际意义

实践上，深入研究基于区块链技术的共享供应链决策问题，具有显著的现实意义。此项研究能够协助制造商优化产品的销售价格、转让价格及共享价格策略，同时指导企业在区块链的性能、开发方式及商业模式上做出最优选择。此外，通过探究消费者对区块链性能的敏感度、共享产品的价格折扣、信任系数及成本分担比例等关键要素，企业可更深入地理解这些因素如何影响其决策和最终利润。因此，该研究不仅为企业管理实践提供了有力依据，还帮助企业精准制定策略，进而能够在竞争激烈的市场环境中脱颖而出，占据优势地位，并达成持续且稳定的发展态势。

1.3 研究内容及方法

1.3.1 研究内容

在共享经济的时代背景下,本文将聚焦于由制造商、共享平台以及消费者所构成的共享供应链体系,着重对三个核心问题展开探讨,分别为:区块链技术对共享供应链决策的影响,共享供应链区块链开发方式的选择策略,基于区块链技术的共享供应链商业模式的选择策略。具体来说,全文共六个章节,主要内容简述如下:

第一章 绪论。该章节详细说明了本研究的相关背景及其重要意义,同时介绍了本文的具体研究内容、所采用的研究方法、技术实施路线,以及本文的创新之处。

第二章 文献综述。在阅读大量文献基础上,本章综述了国内外共享企业决策研究和基于区块链技术的企业决策研究,为下文提供了坚实的理论基础。

第三章 区块链技术对共享供应链决策的影响研究。本章通过构建两个对比模型,不采用和采用区块链技术情形下共享供应链决策模型,并对两者的最优结果进行了深入比较分析。进一步地,通过剖析关键参数对决策结果的影响,揭示了区块链技术在优化共享供应链决策中的潜力与价值,同时也明确了在共享供应链中采用区块链技术的必要性和适用条件。

第四章 不同区块链开发方式下共享供应链决策研究。在第三章研究的基础上,本章构建了基于自建链和 DAPP 的共享供应链决策模型,并对两者的最优结果进行了深入比较与敏感性分析。通过对比研究,本章着重探讨了共享供应链在选择区块链开发方式时的考量因素,为实践中的决策提供了重要参考。

第五章 不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策研究。本章通过构建多个决策模型,包括转让模式下基于自建链和 DAPP 的共享供应链决策模型,以及代理模式下基于自建链和 DAPP 的共享供应链决策模型,对各个模型的最优结果进行了对比和敏感性分析。本章研究的重点在于探讨,在区块链技术的支持下,共享供应链应如何选择最合适的商业模式,以最大化其运营效益。通过本章的研究,旨在为共享供应链的商业模式选择提供科学的决策依据。

第六章 结论与展望。本章对论文所取得的研究成果进行了归纳与总结,并

思考本文存在的不足及未来研究方向。

1.3.2 研究方法

（1）文献分析法

系统梳理了国内外关于共享企业决策问题和基于区块链技术的企业决策问题的研究成果。通过深入阅读并归纳分析大量文献资料，本研究对这两个领域的研究现状有了清晰的认识，这为后续相关研究奠定了坚实的理论基础。

（2）博弈论方法

本文运用博弈论方法，特别是基于 Stackelberg 博弈理论，构建了多个共享供应链决策模型。这些模型包括有无区块链技术下的共享供应链决策模型、不同区块链开发方式下的共享供应链决策模型，以及不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策模型。这些模型的建立，有助于深入剖析共享供应链中各方参与者的决策行为及其相互影响。

（3）数值分析

利用 Matlab 软件对构建的模型进行求解和分析。通过调整消费者对区块链性能的敏感度、共享产品的价格折扣及成本分担比例等关键参数，本研究详细探讨了这些参数变化对制造商、共享平台和消费者决策行为及利润的影响。数值分析的结果不仅验证了模型的有效性，还为共享供应链的实践提供了有益的决策参考。

1.3.3 技术路线

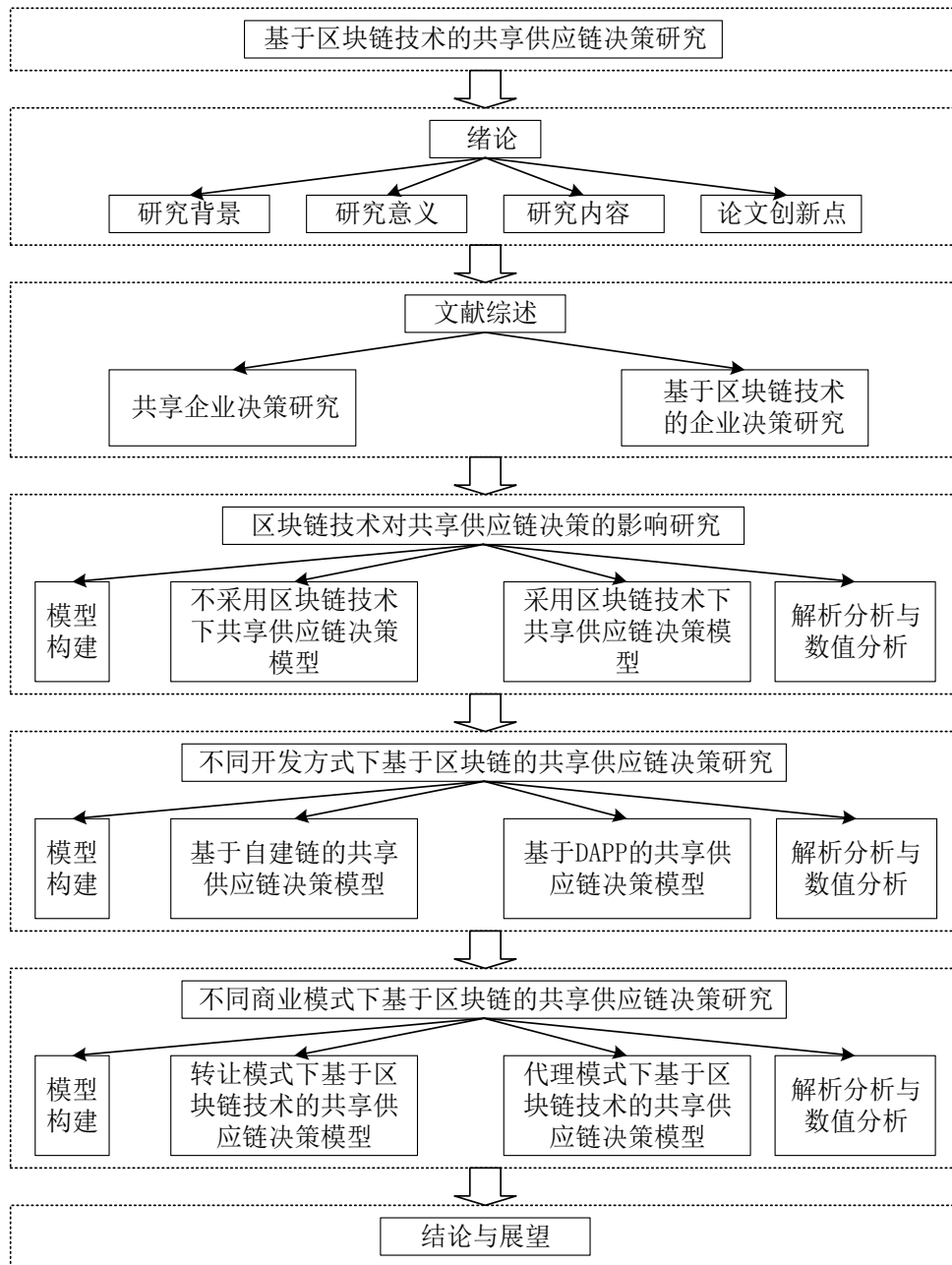


图 1-1 技术路线图

1.4 论文创新点

本文对基于区块链技术的共享供应链决策问题进行了探索和研究,结合现有的研究基础开展了以下具有一定创新性的工作:

- (1) 现有研究中,关于区块链技术如何影响共享供应链决策的讨论相对匮乏

乏。然而，在实际应用中，共享经济模式常因信任缺失而受限，区块链技术则被视为解决这一问题的有效手段。鉴于此，本研究构建了采用与不采用区块链技术的共享供应链决策模型，旨在通过对比分析，揭示区块链技术在提升供应链透明度、增强信任机制方面的具体作用及其对决策优化的潜在影响。

（2）当前，关于不同区块链开发方式下共享供应链决策问题的研究较为少见。实践中，自建区块链与基于公有链开发 DAPP 是两种主流的开发模式。为了深入探究这两种模式对共享供应链决策的影响，本研究分别构建了基于自建链和基于 DAPP 的共享供应链决策模型。通过对比分析，旨在为企业在选择合适的区块链开发方式时提供决策支持，进而优化供应链管理流程。

（3）目前，关于不同商业模式下如何运用区块链技术进行供应链决策的研究尚显不足。特别是在转让模式和代理模式下，如何有效利用区块链技术提升供应链效率与灵活性，成为亟待解决的问题。因此，本研究构建了转让模式和代理模式下基于自建链与 DAPP 的共享供应链决策模型，通过对最优决策结果的对比与敏感性分析，探讨了在不同商业模式下，企业应如何选择合适的区块链技术应用策略，以实现供应链整体效益的最大化。此项研究不仅对现有理论体系进行了补充，还为企业在实际运营操作中提供了具有价值的借鉴与指导。

第 2 章 文献综述

共享经济与区块链技术作为处于前沿位置的领域，正吸引着学术界的高度关注。共享经济以其独特的资源利用方式和商业模式，正在重塑传统经济格局；而区块链技术则以其去中心化、数据不可篡改的特性，为企业决策提供了新的视角和解决方案。本章将重点对共享企业的决策研究以及基于区块链技术的企业决策研究进行综述，旨在深入探讨这两个领域的理论进展，为后文的深入分析奠定坚实的理论基础。

2.1 共享企业决策研究

现实中，共享经济模式下的具体应用形式涵盖了共享住宿、共享产品、共享出行及共享知识等多个领域。当前，国内外学术界已对这些共享应用形式下的企业决策问题进行了深入研究，重点探讨了共享平台、共享出行、住宿、知识及产品等方面的企业决策。

随着人们对环境、资源等议题日益重视并展开深度探究，可持续发展已然成为全球范围内备受瞩目的关键主题。当下，因资源未能得到合理利用，致使大量资源处于闲置状态，给社会带来了极大的损失。为减少此类损失，人们借助互联网平台，构建起融合绿色营销与共享经济理念的物品共享平台。Will 等人^[4]对 435 篇相关出版物进行了分析，围绕平台中介组织文献，提炼共享经济技术可供性。提出平台集中去中心化概念，评估技术处理，并指出数字平台与共享经济关系的研究差距，为未来研究指明方向。Wang 等人^[5]基于一个 P2P 共享平台，搭建起一个包含产品制造商、共享平台以及消费者三方参与的博弈模型，消费者根据产品的零售价格和共享价格对购买和租赁进行决策。其中，奢侈品共享平台也取得了进展，例如，美国的“Rent The Runway”、意大利的“Drexcodex”和“Dress You Can”以及英国的“FrontRow”，促使了消费者更加关注奢侈品共享经济平台^[6]。张子钊等人^[7]分析了国内二手奢侈品共享商业模式，同时，依托区块链技术，针对奢侈品供应商在传统零售渠道以及与 B2C 共享租赁平台合作渠道的情况展开分析，研究结果表明奢侈品供应商应当与 B2C 共享租赁平台携手合作，以此拓展自身

的分销渠道。Charnley 等人^[8]认为奢侈品共享是奢侈品时尚行业正逐渐兴起的一种合作形式,租赁使消费者能够享受临时使用产品带来的便利,并减轻了消费者的经济负担,从而减少负面环境影响。Fan 等人^[9]基于数字经济,研究构建政府协调的三方演化博弈模型,发现数据共享激励企业开放数据,促进供应链数字化转型与价值共创。Huang 等人^[10]以 Airparking 为例,揭示 C2B2C 平台经历三阶段发展,各阶段需采取不同行动,达成特定成果,并指出促进该过程的关键因素。Sun^[11]运用排队论模型,从定价和信息共享角度探讨提高吞吐量和收益的最优策略。研究发现,随市场规模增大,应共享更多信息以最大化吞吐量;客户偏好聚合平台时,拥堵系统或提升订单概率。

随着互联网技术的蓬勃发展和共享经济的兴起,共享出行已然转变为一种广受欢迎的交通服务方式。共享出行行业是共享经济新业态的先驱行业和典型代表,也是目前研究关注最多的对象。对于共享出行的研究主要包括对共享单车和共享汽车的研究。共享单车减少普通大众对汽车的依赖性,解决了出行最后一公里的现实问题,对环境有着正面积作用。2016 年底,市场上存在着十多个处于活跃状态的共享单车品牌。像摩拜单车、ofo 单车、哈喽单车这类较为知名的品牌自不必说,还有熊猫单车、永安行、骑呗单车、优拜单车、Funbike 单车等也占据一定市场份额。此外,北京公共自行车、悠悠单车、智享单车、小蓝单车以及小鸣单车等同样在市场上积极运营。Zhang 等人^[12]认为,共享单车模式具备较高的可行性,它能够对现有的公共汽车以及区域运输体系形成有效的补充。此外,通过对单车实施定位操作,该模式成功解决了使用者实际需求与停靠点实际库存不匹配的问题。Chen 等人^[13]搭建起一个模型,该模型呈现的是垄断公司将共享单车出租给消费者的场景。在此模型基础上,深入研究了当共享单车公司的客户群体具有不同时间敏感偏好时,公司应如何制定定价策略以及单车可用性策略。同时,还对不同补贴水平以及不同可用性成本水平下的社会福利展开了比较分析。Dong 等人^[14]考虑了两个共享单车运营商,探究了 B2C 共享单车平台针对共享单车服务的定价策略选择及服务价格决策。王建刚^[15]立足于共享单车所处的时代背景与特征,深入探究了提升共享单车盈利模式的途径。程茜^[16]构建了无桩共享单车平台在固定定价和距离相关定价这两种不同定价模式下的定价决策模型。通过对这两种定价模式下平台的收入、车辆购置率与使用率、消费者剩

余以及社会总福利展开比较分析,确定了各自模式下的最优定价。谭春桥等人^[17]考虑到共享单车租赁具备随机性这一特性,在寡头市场背景下构建了二维 Bertrand 博弈模型,以此对定价和投放量等相关问题展开研究,并提出了在市场处于差异定价和协同定价这两种情形下的相应策略。Shi 等人^[18]基于强化学习研究多平台混合动力共享单车系统动态博弈与运营,实验显示双赢效果并演示电动自行车运营策略。基于此,提出了两项优化建议:一是通过加强宣传来保障共享单车并规范用户的使用行为;二是精确核算单车的可用性成本。共享汽车服务平台有“EVCARD”、“联动云”和“Uber”等,Egan 和 Jakob^[19]通过对 Uber 这一共享平台定价策略的分析研究发现,相较于固定定价方法,协商定价机制能够在以更低价提供服务的同时,实现更高的利润。Tian 等人^[20]基于 LDA 模型,分析拼车服务中价值共创因素及多方利益相关者角色。研究指出,用户、平台、政府和公众均参与价值共创,政府和公众作用日益凸显。Yu 等人^[21]在考量共享出行市场纵向细分情况下,针对销售和分时租赁这两种模式的定价问题展开研究,他们发现,在满足一定条件时,分时租赁模式能够获取更高的利润。黄毅祥等人^[22-23]针对共享单车分时租赁模式,分别对其竞争演化以及联盟定价问题展开了研究。研究发现,在分时租赁模式中,企业若试图扩大市场份额,很容易引发价格战;而分时租赁企业与电力公司建立联盟,则能够带来更高的收益。万湓宇等人^[24]从政策、技术和服务化这三个方面的动因出发,构建了关于政府补贴决策以及制造商商业模式决策的演化博弈模型。借助该模型,对制造商采用分时租赁模式的策略问题展开研究,同时揭示了新能源车补贴、新能源车技术等因素与分时租赁模式之间的内在联系。

共享住宿借助互联网平台,把众多分散且闲置的住宿资源进行整合,随后以多样化、个性化的住宿产品形式呈现给消费者,从而满足消费者多元化的住宿要求的一种新型住宿模式。当前,共享住宿行业已经形成了两种相对成熟完善的运营模式:第一种为 B2C 模式,在此模式下,房东把手中闲置的房源交给共享住宿平台,由平台对这些房源进行统一管理与配置。平台不仅要负责房源的日常经营管理工作,还要直接对外提供住宿服务。第二种是 C2C 模式,该模式下,房东借助共享住宿平台,将自有房源的住宿权直接卖给消费者。平台主要发挥信息对接的作用,为房东和消费者搭建沟通桥梁,同时承担审核双方信息真实性与可

靠性的职责，制定房源入驻标准，以此营造公正诚信的交易环境，并从中收取一定比例的服务费。共享住宿平台有途家民宿、美团民宿、小猪短租和 Airbnb 等。王春英等人^[25]以小猪短租网站的房源数据为基础，选取国内 10 个城市的 5388 个房源开展实证研究，剖析了房东特征对房源定价所产生的影响。杨帅等人^[26]通过搜集 Airbnb 平台上 42 个国家共计 2326603 个活跃房源的数据，运用分层线性模型，探究了口碑、基础设施、附加设施、房客可靠性以及房东专业性等因素对共享住宿定价所产生的影响。Wang 等人、Gibbs 等人^[27-28]均发现，在诸多影响 Airbnb 房源定价决策的因素里，房源的基本设施，像卧室数量和浴室数量这类，对房源定价起着最为关键的影响作用。池毛毛等人^[29]依据线索一致性理论，从房客生成的文本线索（UGC）以及房东提供的图片线索（MGC）这两个角度出发构建模型。借助爬虫技术，从共享住宿平台的网站上获取相关房源数据，以此探究信息线索一致性对消费者决策所产生的影响。Bonafé 等人^[30]针对处于不同地理位置的房源价格展开比较，研究发现，仅当房源位于热门地标附近时，其位置分布才会对价格产生显著影响。吴姝^[31]以 Airbnb 平台为研究对象，在双边市场这一条件下，探究了社交需求对 Airbnb 平台成交价格所产生的影响。Long 等人^[32]通过访谈分析，揭示客人间存在不确定性，涵盖价格权衡、体验共创等四种关系类型，与房客动机紧密相关，部分体现合作与社区意识。研究发现客人间关系模式非固定，随体验累积与房东管理而变化。

在知识经济时代来临的背景下，知识管理研究得以兴起。知识共享随着知识管理研究的推进而发展，它不仅是知识管理的重要方法，也是其核心内容。众多学者对知识共享进行了概念界定，例如，亨德瑞克提出：“知识共享既是一种沟通过程，也是一种组织学习过程。在这一沟通过程里，涵盖知识拥有者将知识外化以及知识需求者将知识内化。”知识付费经过发展，如今已构建起较为成熟的商业模式。当下，知识付费市场中比较常见的付费模式有付费直播、付费咨询、付费微课和付费专栏这四种。目前知识共享平台中较为常见的收费机制有对双方用户免费、向知识分享者收取交易费等。孙晶^[33]依托双边市场最优定价理论以及产品定价扩散模型，构建起一个多阶段平台动态最优定价模型。同时，选取知乎平台作为具体研究对象，据此制定出该平台在各个阶段的最优定价策略。许有志等人^[34]构建了供应链中的知识交易框架，通过博弈模型对知识交易定价决策

进行了分析。陈搏等人^[35]构建了知识交易定价模型，考虑了知识买卖双方信任关系和知识距离，研究了知识交易时的定价策略。王来东等人^[36]依据知识消费所呈现出的特点以及当前的市场规模，从需求与供给这两个维度构建定价模型，进而对知识消费中的价格策略展开研究。马滔等人^[37]针对知识侵权问题，构建了一个包含三阶段的博弈基础模型以及相应的扩展模型，通过这两个模型深入研究了产权保护策略、定价机制以及质量决策。刘征驰等人^[38]在一个同时存在“道德消费者”与“普通消费者”的市场环境下，构建了一个知识付费市场模型。通过对知识提供者和平台在定价策略方面的情况以及他们之间的利益分歧进行分析，发现不管知识提供者采用何种定价策略，平台和知识提供者之间始终存在一致的定价分歧。韩莹等人^[39]构建了产业集群知识闭环系统模型，对不同决策模式下的知识定价以及收益差异展开对比。借助博弈论方法以及数值分析，研究揭示出，在集中决策模式下，知识定价处于最低水平，而系统总收益达到最高。

2.2 基于区块链技术的供应链决策研究

近年来，区块链技术在各行业的应用日益广泛，尤其是在供应链溯源领域，其独特优势得到了充分展现^[40]。本文综述了近年来区块链技术在供应链管理中的应用研究，并将这些研究分类为以下几个关键方面进行深入探讨。

从供应链管理的整体变革视角出发，Li^[41]提出了区块链技术在供应链管理中的结构框架，明确展示了其实现信息共享、实时更新、资产快速转移等五大核心变革。这一研究量化了这些变革对库存管理和信息共享的益处，指出区块链技术能够简化供应链层级，显著提高效率，同时降低成本与风险，为供应链的智能化转型提供了有力支持。

针对特定供应链领域的应用，如半导体芯片供应链，Cao 等人^[42]深入研究了区块链技术的采纳机制。他们发现，当制造商独自承担技术成本时，区块链能够显著提升信息披露水平，增加市场需求，并有效减少测试成本，从而提升整体盈利能力。此外，Awasthy 等人^[43]则分析了区块链在供应链追溯和定价决策中的重要作用，指出需求侧、供应侧和声誉因素之间的互补关系，强调了即便单个供应链伙伴无直接受益，区块链技术也能从整体上提升供应链的效益。

在定价策略与供应链绩效方面，Fang 等人^[44]探讨了供应链成员在不同定价

模型下投资区块链的决策过程,发现零售商在选择定价模型时会充分考虑区块链的投资动机,并设计了相应的成本分摊合同以应对潜在的冲突。同时,Pattanayak 等人^[45]强调了区块链技术可借助强化信任机制,对供应链绩效产生积极影响,揭示了技术信任、平台信任和成员信任之间的相互依赖关系。刘丽丽等人^[46]探讨了区块链技术在知识付费产品供应链中的应用,指出其能提高产品质量、价格和需求量,且平台定价模式在消费者知识敏感度低时更具优势。

值得注意的是,区块链技术在其他新兴供应链领域的应用也取得了显著进展。例如,Zhang 等人^[47]在双渠道供应链中比较了价格信号和区块链技术在质量信息披露中的作用,发现区块链虽然能够提升价格 and 市场需求,但高质量制造商的收益并不一定更大。而在在线游戏供应链领域,Tian 等人^[48]则研究了区块链对定价和努力决策的影响,指出市场需求和玩家价格容忍度对区块链采纳和定价策略具有重要影响。

此外,区块链技术在供应链追溯和碳资产管理方面的应用也备受关注。Ahmed 等人^[49]探讨了区块链在供应链追溯中的范围和深度,提出了定义追溯范围的框架,并强调了研究最优追溯水平的重要性。杨婷等人^[50]则提出了基于区块链的供应链碳资产质押融资模式,发现该模式能够显著增强融资业务的风险抵御能力,降低融资成本,并提升融资收益。

在政府补贴与中小企业融资方面,张令荣等人^[51]针对区块链技术背景下的低碳供应链,开展了关于政府补贴策略的研究。研究指出,政府实施输出补贴举措,能够起到提升社会福利、推动减排的作用,同时着重强调了降低区块链平台成本的重要意义。刘欣悦等人^[52]则通过演化博弈模型分析了区块链技术破解供应链中小企业融资约束的机制,揭示了平台选择区块链共享信息受技术成本、政府奖惩及企业违约风险等多重因素的影响。

在信息经济学与信号传递模型方面,李秋香等人^[53]基于信息经济学构建了质量信号传递模型,揭示了制造商主导区块链采用更能增加供应链整体福利的现象,并提出了消费者福利转移及政府补贴机制以应对投资激励不足的问题。

最后,在共享制造与物联网互操作领域,Rožman 等人^[54]构建了一个基于区块链技术的共享制造可扩展框架,通过采用联盟区块链网络来解决可扩展性问题。而 Auer 等人^[55]和 Valaštín 等人^[56]则分别基于区块链技术的 P2P 汽车共享平

台和去中心化应用程序进行了深入研究,呈现出区块链技术在化解集中式服务所遭遇的诸如拒绝服务、数据可变性等问题上具备的巨大潜力。此外, Han 等人^[57]还提出了基于双区块链及数字信封的征信数据共享方案,通过构建“公有链+联盟链”平台,有效解决了数据共享、监管及恢复等难题。

综上所述,区块链技术在供应链管理中的应用呈现出多元化和深入化的趋势,不仅为传统供应链管理带来了深刻的变革,也为新兴供应链领域的发展提供了有力的技术支撑。

2.3 文献评述

共享经济与区块链技术作为当代前沿领域,正逐渐融合并影响着传统经济格局和企业决策方式。本文综述了共享企业决策及基于区块链技术的企业决策的相关研究,旨在为后续深入分析奠定理论基础。

在共享经济方面,研究涵盖了共享出行、住宿、知识和产品等多个细分领域。共享出行是共享经济的典型代表,相关研究涵盖了共享单车、共享汽车等多个领域,探讨了定价策略、社会福利及盈利模式等问题。共享住宿领域则形成了 B2C 和 C2C 两种运营模式,研究集中在房源定价影响因素和消费者决策过程。知识共享作为知识经济时代的重要产物,其研究涉及知识交易框架、定价模型及产权保护等方面。同时,物品共享平台的研究也逐步兴起,特别是在奢侈品共享领域,探讨了奢侈品共享平台的商业模式和合作形式。

在区块链技术方面,其去中心化、数据不可篡改的特性为企业决策提供了新的视角。区块链已应用于多个行业,如农产品和药品溯源,解决了信息不对称和数据可信性问题。在共享经济与区块链技术的融合发展中,研究提出了“区块链+共享经济”的新模式,并探讨了区块链在供应链金融、二手产品销售平台等方面的应用。

然而,当前研究在探讨共享供应链采用区块链技术的必要性方面仍存在不足。同时,对于自建链模式和 DAPP 模式下的共享供应链决策问题,以及不同商业模式下基于区块链的共享供应链决策问题的研究也尚显薄弱。本文为弥补这些研究不足,构建了多个决策模型,深入剖析了区块链技术对共享供应链决策的影响,具有重要的理论价值。

第3章 区块链技术对共享供应链决策的影响研究

本章分析区块链技术对共享供应链决策的影响,通过构建不采用区块链技术下共享供应链决策模型和采用区块链技术下共享供应链决策模型,并对最优结果进行对比和敏感性分析,最终重点探讨共享供应链采用区块链技术的必要性。

3.1 模型描述与假设

在共享经济蓬勃发展的背景下,制造商、共享平台与消费者构成了共享市场的核心供应链。该供应链灵活多变,产品可通过制造商直接销售或经共享平台以共享形式满足消费者需求。然而,共享市场的扩张伴随着消费者信任问题的凸显,主要表现为共享信息的不对称与不透明。这些问题不仅侵犯了消费者的权益,还严重损害了共享市场的信誉和可持续发展潜力。因此,加强信息共享的透明度与对称性,构建消费者信任机制,是保障共享市场健康发展的关键。

针对这一现状,本章研究将深入探讨区块链技术对共享供应链决策的影响,旨在通过技术创新解决市场痛点。本章将重点围绕以下几个核心问题展开:

首先,探究共享产品与购买产品在消费者效用函数上的本质区别。于传统购买模式而言,消费者能够同时取得产品的所有权与使用权;但在共享模式下,消费者仅仅获得产品的使用权。当引入区块链技术后,由于该技术可提升供应链的透明度与可追溯性,或许能够增强消费者对共享产品的信任程度,进而对其效用评估产生影响。本章将对对比分析两种模式下消费者的效用函数,并探讨区块链技术对消费者效应的影响。

其次,构建采用区块链技术的共享供应链决策模型。区块链技术的去中心化、不可篡改等特性为共享供应链提供了新的管理思路和决策支持。本章将结合共享经济的特点,设计融入区块链技术的决策模型,以优化供应链各方的决策过程。

再者,分析关键参数对最优决策结果的影响。其中,消费者对区块链性能的敏感系数、共享产品的价值折扣以及消费者的信任系数等是关键因素。本章将通过敏感性分析,探讨这些参数如何影响最优决策结果,为共享供应链的优化提供理论依据。

最后，本章将探讨共享供应链是否有必要采用区块链技术，以及在何种情况下区块链技术能对共享供应链产生积极影响。综合考虑技术成本、市场需求和供应链特点，本章将提出区块链技术在共享供应链中的应用前景和适用条件。

综上所述，本章研究旨在通过深入剖析区块链技术对共享供应链决策的影响，为共享经济的健康发展提供新的思路和方法。

3.1.1 模型描述

本章以一个制造商、一个共享平台和消费者组成的共享供应链为研究对象，依据如图 3-1 所示的共享供应链结构图展开深入探讨。在此共享供应链中，消费者拥有双重获取产品的渠道：一是直接向制造商购买，从而获得产品的完全所有权；二是通过共享平台，仅获取产品的使用权，满足临时或特定需求。

为了全面剖析区块链技术对该共享供应链的影响，本章将构建两种决策模型：一是不采用区块链技术下的传统决策模型，该模型下各方信息流通可能存在障碍，信任问题凸显；二是采用区块链技术下的决策模型，此模型充分利用了区块链去中心化、不可篡改等独特属性，从而显著提升了供应链的透明度。促进信息共享，进而提升消费者的信任程度，为共享供应链的稳健发展提供有力支撑。

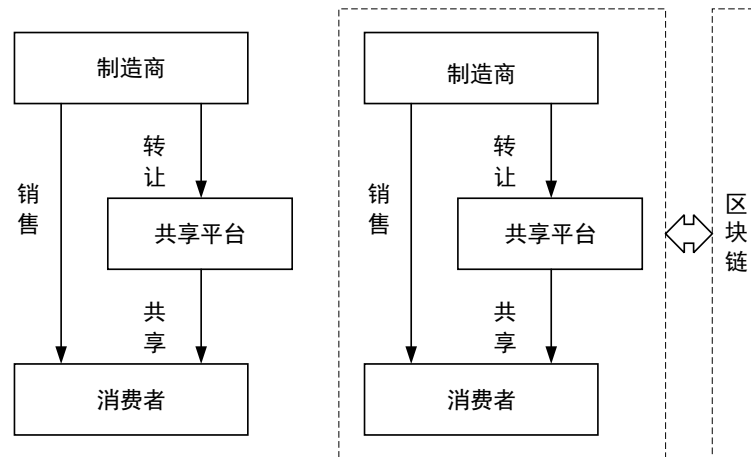


图 3-1 有无区块链技术下共享供应链结构

3.1.2 假设与符号说明

(1) 首先，对消费者进行说明。消费者对产品的评价是异质的，将市场规模归一化为 1，在此假设消费者对产品的估价为 v ，并服从 $[0,1]$ 之间的均匀分布。不采用区块链技术情形下，购买产品时，消费者的效用函数为 $\beta_1 v - p_b$ ；共

享产品时，消费者的效用函数为 $\lambda\beta_1v - p_r$ ，其中， $0 < \beta_1 < 1$ 表示不采用区块链技术时，消费者不能够确认产品信息的真实性，因此在估值上有所降低； $0 < \lambda < 1$ 表示相对于购买产品，共享产品存在价值上的折扣。采用区块链技术情形下，购买产品时，消费者的效用函数为 $\beta_2v + md - p_b$ ；共享产品时，消费者的效用函数为 $\lambda\beta_2v + md - p_r$ ，其中， $0 < \beta_2 < 1$ 表示采用区块链技术时，消费者不能够确认产品信息的真实性，因此在估值上有所降低， $0 < \beta_1 < \beta_2 < 1$ ； $0 < \lambda < 1$ 表示相对于购买产品，共享产品存在价值上的折扣。 d 表示区块链的性能，包括区块链的系统吞吐量、安全性和可扩展性。消费者在购买或共享产品的过程中体验到区块链这些性能，如通过溯源二维码获取产品信息的快慢程度，网页的流畅程度等都会影响顾客的体验。

基于上述说明，不采用区块链技术情形下，消费者购买产品的效用函数为

$$U_b = \beta_1v - p_b, \quad (3-1)$$

不采用区块链技术情形下，消费者共享产品的效用函数为

$$U_r = \lambda\beta_1v - p_r. \quad (3-2)$$

采用区块链技术情形下，消费者购买产品的效用函数为

$$U_b = \beta_2v + md - p_b, \quad (3-3)$$

采用区块链技术模式下，消费者共享产品的效用函数为

$$U_r = \lambda\beta_2v + md - p_r. \quad (3-4)$$

(2) 市场需求。根据对消费者的说明，可以得到，当 $p_r \geq \lambda p_b + (1 - \lambda)md$ 时，

不采用区块链技术情形下，消费者对产品的购买需求为 $D_b^{NB} = 1 - \frac{p_b}{\beta_1}$ ，消费者对

产品的共享需求为 $D_r^{NB} = 0$ 。采用区块链技术情形下，消费者对产品的购买需求

为 $D_b^B = 1 - \frac{p_b - md}{\beta_2}$ ，消费者对产品的共享需求为 $D_r^B = 0$ 。本章重点关注产品零售

市场和共享市场共存的情况，因此假设 $p_r < \lambda p_b + (1 - \lambda)md$ 。不采用区块链技术

情形下，消费者对产品的购买需求为 $D_b^{NB} = 1 - \frac{p_b - p_r}{(1 - \lambda)\beta_1}$ ，消费者对产品的共享需

求为 $D_r^{NB} = \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_1} - \frac{p_r}{\lambda\beta_1}$ ；采用区块链技术情形下，消费者对产品的购买需求为

$$D_b^B = 1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2}, \text{ 消费者对产品的共享需求为 } D_r^B = \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md}{\lambda\beta_2}。$$

(3) 成本说明。对区块链所需要的成本进行说明，区块链的开发和维护成本。本章所探究的共享供应链所采用的区块链由制造商构建，所需要的成本主要为区块链开发和维护成本。假设该部分的成本函数为 $\frac{1}{2}kd^2$ ，其中 d 为区块链的性能，区块链性能越高所花费的成本越多，且性能的提高难度越来越大。

表 3-1 参数符号及含义

符号	含义
c	单位成本
w	单位产品的转让价格
p_b	单位产品的零售价格
p_r	单位产品的共享价格
d	区块链的性能
v	消费者对单位产品的估值
λ	相对于购买产品，共享产品的价值折扣， $0 < \lambda \leq 1$
β_1, β_2	消费者的信任系数， $0 < \beta_1 < \beta_2 < 1$
m	消费者对区块链性能的敏感系数
s	单位产品的残值
k	区块链开发和维护的成本系数
U_b	消费者的购买效用
U_r	消费者的共享效用
D_b^{NB}	不采用区块链技术情形下，产品的零售需求
D_r^{NB}	不采用区块链技术情形下，产品的共享需求
D_b^B	采用区块链技术情形下，产品的零售需求
D_r^B	采用区块链技术情形下，产品的共享需求
π_m	制造商的利润
π_p	共享平台的利润

3.2 模型构建和求解

本节构建了不采用区块链技术下共享供应链决策模型和采用区块链技术下共享供应链决策模型，并对这两个模型进行求解。

3.2.1 不采用区块链技术下共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述，可知不采用区块链技术情形下，制造商的利润函数为

$$\begin{aligned}\pi_m^{NB} &= p_b D_b^{NB} + w D_r^{NB} - c(D_b^{NB} + D_r^{NB}) \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_1}\right) + w \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_1} - \frac{p_r}{\lambda\beta_1}\right) - c \left(1 - \frac{p_r}{\lambda\beta_1}\right).\end{aligned}\quad (3-5)$$

其中， $p_b D_b^{NB}$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入， $w D_r^{NB}$ 为制造商将产品转让给共享平台获取的收入， $c(D_b^{NB} + D_r^{NB})$ 为制造商的生产成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned}\pi_p^{NB} &= p_r D_r^{NB} - w D_r^{NB} + s D_r^{NB} \\ &= (p_r - w + s) \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_1} - \frac{p_r}{\lambda\beta_1}\right).\end{aligned}\quad (3-6)$$

其中， $p_r D_r^{NB}$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入， $w D_r^{NB}$ 为共享平台向制造商购买产品的成本， $s D_r^{NB}$ 为共享完成后，产品的剩余价值。

定理 1 当不采用区块链技术时，共享供应链的最优零售价格为 $p_b^{NB*} = \frac{\beta_1 + c}{2}$ ；

最优转让价格为 $w^{NB*} = \frac{c + s + \beta_1 \lambda}{2}$ ；最优共享价格为 $p_r^{NB*} = \frac{c + \lambda c + 2\beta_1 \lambda - s}{4}$ 。

定理 1 证明：根据逆向求解法，由于共享平台的利润函数为

$$\pi_p^{NB} = (p_r - w) \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_1} - \frac{p_r}{\lambda\beta_1}\right) + s \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_1} - \frac{p_r}{\lambda\beta_1}\right), \quad (3-7)$$

因为 $\frac{\partial^2 \pi_p^{NB}}{\partial p_r^2} < 0$ ，所以令 $\frac{\partial \pi_p^{NB}}{\partial p_r} = 0$ 求得

$$p_r = \frac{w + \lambda p_b - s}{2}, \quad (3-8)$$

将 p_r 代入制造商的利润函数中，可求得 π_m^{NB} 关于 w 和 p_b 的海瑟矩阵

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_m^{NB}}{\partial p_b^2}, \frac{\partial^2 \pi_m^{NB}}{\partial w \partial p_b} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^{NB}}{\partial w \partial p_b}, \frac{\partial^2 \pi_m^{NB}}{\partial w^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda-2}{(1-\lambda)\beta_1}, \frac{1}{(1-\lambda)\beta_1} \\ \frac{1}{(1-\lambda)\beta_1}, \frac{1}{\beta_1\lambda(\lambda-1)} \end{bmatrix}, \quad (3-9)$$

共享平台的利润函数关于产品共享价格的二阶导数为负。因为 $0 < \lambda < 1$ ，所以

$\frac{\lambda-2}{(1-\lambda)\beta_1} < 0$ ，二阶顺序主子式 $\frac{2}{\beta_1^2\lambda(1-\lambda)} > 0$ ，海瑟矩阵负定，存在最优零售价格

和转让价格使得制造商利润最大。令 $\frac{\partial \pi_m^{NB}}{\partial p_b} = 0$ ， $\frac{\partial \pi_m^{NB}}{\partial w} = 0$ ，联立方程可得产品的

最优转让价格和最优销售价格分别为

$$w^{NB*} = \frac{c+s+\lambda\beta_1}{2}, \quad (3-10)$$

$$p_b^{NB*} = \frac{\beta_1+c}{2}。 \quad (3-11)$$

将 w^{NB*} 和 p_b^{NB*} 代入 $p_r = \frac{w+\lambda p_b-s}{2}$ 中，可得

$$p_r^{NB*} = \frac{c+\lambda c+2\lambda\beta_1-s}{4}。 \quad (3-12)$$

3.2.2 采用区块链技术下共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述，可知采用区块链技术情形下，制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m^B &= p_b D_b^B + w D_r^B - c(D_r^B + D_b^B) - \frac{1}{2} k d^2 \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} \right) + w \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md}{\lambda\beta_2} \right) - c \left(1 - \frac{p_r - md}{\lambda\beta_2} \right) - \frac{1}{2} k d^2, \end{aligned} \quad (3-13)$$

其中， $p_b D_b^B$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入， $w D_r^B$ 为制造商将产品转

让给共享平台获取的收入， $c(D_r^B + D_b^B)$ 为制造商的生产成本， $\frac{1}{2} k d^2$ 为区块链开

发和维护成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned}\pi_p^B &= p_r D_r^B - w D_r^B + s D_r^B \\ &= (p_r - w + s) \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md}{\lambda\beta_2} \right),\end{aligned}\quad (3-14)$$

其中， $p_r D_r^B$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入， $w D_r^B$ 为共享平台向制造商购买产品的成本， $s D_r^B$ 为共享完成后，产品的剩余价值。

定理 2 基于区块链技术的共享供应链的最优零售价格为

$$p_b^{B*} = \frac{m^2(\beta_2 + 2c + 2\lambda c - s - \lambda\beta_2) - 4\lambda\beta_2(\beta_2 k + ck)}{2(\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (3-15)$$

最优转让价格为

$$w^{B*} = \frac{m^2(2c + \lambda s + 2\lambda c + \lambda^2\beta_2 - \lambda\beta_2) - 4\lambda\beta_2 k(c + s + \lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (3-16)$$

最优区块链的性能为

$$d^* = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k}, \quad (3-17)$$

和最优共享价格为

$$p_r^{B*} = \frac{m^2(c + \lambda^2\beta_2 + \lambda c - s - \lambda\beta_2) + \lambda\beta_2 k(s - c - \lambda c - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k}, \quad (3-18)$$

其中， $\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k < 0$ 。

定理 2 证明：根据逆向求解法，由于共享平台的利润函数为

$$\pi_p^B = (p_r - w) \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md}{\lambda\beta_2} \right) + s \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md}{\lambda\beta_2} \right), \quad (3-19)$$

因为 $\frac{\partial^2 \pi_p^B}{\partial p_r^2} < 0$ ，所以令 $\frac{\partial \pi_p^B}{\partial p_r} = 0$ 求得

$$p_r = \frac{w + md + \lambda p_b - s - \lambda md}{2}, \quad (3-20)$$

将 p_r 代入制造商的利润函数中，可求得 π_m^{MB} 关于 p_b 、 w 和 d_m 的海瑟矩阵

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial p_b^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial p_b \partial w} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial p_b \partial d} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial w \partial p_b} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial w^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial w \partial d} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial d \partial p_b} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial d \partial w} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial d^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda-2}{(1-\lambda)\beta_2} & \frac{1}{(1-\lambda)\beta_2} & \frac{m}{2\beta_2} \\ \frac{1}{(1-\lambda)\beta_2} & \frac{1}{\lambda(\lambda-1)\beta_2} & \frac{m}{2\lambda\beta_2} \\ \frac{m}{2\beta_2} & \frac{m}{2\lambda\beta_2} & -k \end{bmatrix}, \quad (3-21)$$

共享平台的利润函数关于产品共享价格的二阶导数为负。因为 $0 < \lambda < 1$ ，所以

$$\frac{\lambda-2}{(1-\lambda)\beta_2} < 0, \quad \text{二阶顺序主子式} \frac{2}{\lambda(1-\lambda)\beta_2^2} > 0, \quad \text{当三阶顺序主子式} \\ \frac{(1-\lambda)(\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}{2\lambda^2(1-\lambda)^2\beta_2^3} < 0, \quad \text{即} \lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k < 0 \text{ 时, 海瑟矩阵负定, 存在}$$

最优零售价格和转让价格使得制造商利润最大。令 $\frac{\partial \pi_m^B}{\partial p_b} = 0, \frac{\partial \pi_m^B}{\partial w} = 0, \frac{\partial \pi_m^B}{\partial d} = 0$

联立方程可得产品的最优转让价格和最优销售价格分别为

$$w^{B*} = \frac{m^2(2c + \lambda s + 2\lambda c + \lambda^2\beta_2 - \lambda\beta_2) - 4\lambda\beta_2 k(c + s + \lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (3-22)$$

$$p_b^{B*} = \frac{m^2(\beta_2 + 2c + 2\lambda c - s - \lambda\beta_2) - 4\lambda\beta_2(\beta_2 k + ck)}{2(\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (3-23)$$

$$d^* = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k}. \quad (3-24)$$

将 w^{B*} 、 p_b^{B*} 和 d^* 代入 $p_r = \frac{w + md + \lambda p_b - s - \lambda md}{2}$ 中, 可得

$$p_r^{B*} = \frac{m^2(c + \lambda^2\beta_2 + \lambda c - s - \lambda\beta_2) + \lambda\beta_2 k(s - c - \lambda c - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k}. \quad (3-25)$$

3.3 解析分析

3.3.1 关键参数的影响分析

推论 1 无区块链模式下产品零售价格、转让价格和共享价格与消费者信任系数的关系满足:

$$\frac{\partial p_b}{\partial \beta_1} > 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \beta_1} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \beta_1} > 0.$$

推论 1 证明：

$$\frac{\partial p_b}{\partial \beta_1} = \frac{1}{2} > 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \beta_1} = \frac{\lambda}{2} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \beta_1} = \frac{\lambda}{2} > 0.$$

推论 2 有区块链模式下产品零售价格、转让价格、共享价格及区块链性能与消费者信任系数的关系满足：

$$\frac{\partial p_b}{\partial \beta_2} > 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \beta_2} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \beta_2} > 0, \quad \frac{\partial d}{\partial \beta_2} < 0.$$

推论 2 证明：

$$(1) \quad \frac{\partial p_b}{\partial \beta_2} = \frac{1}{2} + \frac{2\lambda m^2 k(c + \lambda c - s) - \lambda m^4 - \lambda^2 m^4}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^2},$$

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 p_b}{\partial \beta_2^2} = \frac{-8\lambda^2 m^2 k(2ks - 2kc + \lambda m^2 + m^2 - 2\lambda kc)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^3},$$

其中 $2ks - 2kc + \lambda m^2 + m^2 - 2\lambda kc > 0$ ，所以， $\frac{\partial^2 p_b}{\partial \beta_2^2} > 0$ ，即 $\frac{\partial p_b}{\partial \beta_2}$ 在 $[0,1]$ 单调递增。

当 $\beta_2 = 0$ 时， $\frac{\partial p_b}{\partial \beta_2} = \frac{1}{2} + \frac{2\lambda m^2 k(c + \lambda c - s) - \lambda m^4 - \lambda^2 m^4}{(m^2 + \lambda m^2)^2} > 0$ ，所以， $\frac{\partial p_b}{\partial \beta_2} > 0$ 。

$$(2) \quad \frac{\partial w}{\partial \beta_2} = \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda m^2(2kc + 2\lambda ck - 2ks - m^2 - \lambda m^2)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^2},$$

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 w}{\partial \beta_2^2} = \frac{-8\lambda^2 m^2 k(2ks - 2kc + \lambda m^2 + m^2 - 2\lambda kc)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^3},$$

其中 $2ks - 2kc + \lambda m^2 + m^2 - 2\lambda kc > 0$ ，所以， $\frac{\partial^2 w}{\partial \beta_2^2} > 0$ ，即 $\frac{\partial w}{\partial \beta_2}$ 在 $[0,1]$ 单调递增。

当 $\beta_2 = 0$ 时， $\frac{\partial w}{\partial \beta_2} = \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda m^2(2kc + 2\lambda ck - 2ks - m^2 - \lambda m^2)}{(m^2 + \lambda m^2)^2} > 0$ ，所以， $\frac{\partial w}{\partial \beta_2} > 0$ 。

$$(3) \quad \frac{\partial p_r}{\partial \beta_2} = \frac{\lambda}{2} + \frac{(3 - \lambda)\lambda m^2(2ks - 2kc + \lambda m^2 + m^2 - 2\lambda kc)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^2},$$

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 p_r}{\partial \beta_2^2} = \frac{4(\lambda - 3)\lambda^2 m^2 k(2ks - 2kc + \lambda m^2 + m^2 - 2\lambda kc)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^3},$$

其中 $2ks - 2kc + \lambda m^2 + m^2 - 2\lambda kc > 0$ ，所以， $\frac{\partial^2 p_r}{\partial \beta_2^2} > 0$ ，即 $\frac{\partial p_r}{\partial \beta_2}$ 在 $[0,1]$ 单调递增。

当 $\beta_2 = 0$ 时, $\frac{\partial p_r}{\partial \beta_2} = \frac{\lambda}{2} + \frac{(3-\lambda)\lambda m^2(2ks-2kc+\lambda m^2+m^2-2\lambda kc)}{(m^2+\lambda m^2-4\lambda\beta_2 k)^2} > 0$, 所以,

$$\frac{\partial p_r}{\partial \beta_2} > 0.$$

$$(4) \quad \frac{\partial d_M}{\partial \beta_2} = \frac{-2\lambda m(2ks-2kc-2\lambda kc+m^2+\lambda m^2)}{(m^2+\lambda m^2-4\lambda\beta_2 k)^2},$$

$$\text{由于 } \frac{\partial^2 d_M}{\partial \beta_2^2} = \frac{-16\lambda^2 mk(2ks-2kc-2\lambda kc+m^2+\lambda m^2)}{(m^2+\lambda m^2-4\lambda\beta_2 k)^3},$$

其中 $2ks-2kc+\lambda m^2+m^2-2\lambda kc > 0$, 所以, $\frac{\partial^2 d_M}{\partial \beta_2^2} > 0$, 即 $\frac{\partial d_M}{\partial \beta_2}$ 在 $[0,1]$ 单调递增。

当 $\beta_2 = 1$ 时, $\frac{\partial d_M}{\partial \beta_2} = \frac{-2\lambda m(2ks-2kc-2\lambda kc+m^2+\lambda m^2)}{(m^2+\lambda m^2-4\lambda k)^2} < 0$, 所以, $\frac{\partial d_M}{\partial \beta_2} < 0$ 。

根据推论 1 和推论 2 的分析, 无论在无区块链模式还是引入区块链技术的模式下, 产品的最优零售价格、转让价格和共享价格均展现出与消费者信任系数的显著正相关关系。这一发现凸显了消费者信任在共享供应链定价策略中的核心地位。具体而言, 随着消费者信任系数的提升, 即消费者对产品信任程度的加深, 其支付意愿也随之增强。在共享经济中, 消费者的信任度直接影响其购买和共享行为的选择。当消费者更加信任产品时, 他们不仅愿意为直接购买支付更高价格, 也愿意在共享市场中为产品的使用权支付更多费用。

制造商作为定价的先行者, 在制定最优零售价格和转让价格时, 会充分考虑消费者的信任因素。随着信任系数的上升, 制造商倾向于设定更高的零售价格和转让价格, 以捕捉因信任提升而带来的市场溢价。随后, 共享平台在制定最优共享价格时, 同样会受到消费者信任水平的影响, 通过合理定价来平衡市场需求与平台利润。综上所述, 消费者信任系数与产品定价策略之间的正相关关系, 在共享供应链中得到了充分体现。制造商和共享平台在制定价格时均需充分考虑消费者的信任因素, 通过提升信任度来优化定价策略, 从而实现利润最大化, 并推动共享经济的健康发展。

推论 3 无区块链模式下产品零售价格、转让价格和共享价格与共享产品价值折扣的关系满足:

$$\frac{\partial p_b}{\partial \lambda} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \lambda} > 0。$$

推论 3 证明：

$$\frac{\partial p_b}{\partial \lambda} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \lambda} = \frac{\beta_1}{2} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \lambda} = \frac{c+2\beta_1}{4} > 0。$$

推论 4 有区块链模式下产品零售价格、转让价格、共享价格以及区块链性能与共享产品价值折扣的关系满足：

$$\frac{\partial p_b}{\partial \lambda} < 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial d_M}{\partial \lambda} < 0。$$

推论 4 证明：

$$(1) \quad \frac{\partial p_b}{\partial \lambda} = \frac{-m^2(2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc)}{2(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^2},$$

其中 $2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc > 0$ ，所以， $\frac{\partial p_b}{\partial \lambda} < 0$ 。

$$(2) \quad \frac{\partial w}{\partial \lambda} = \frac{\beta_2}{2} - \frac{m^2(2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc)}{2(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^2},$$

由于 $\frac{\partial^2 w}{\partial \lambda^2} = -\frac{m^2(4\beta_2 k - m^2)(2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^3}$ ，其中， $4\beta_2 k - m^2 > 0$ ，

$2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc > 0$ ，所以， $\frac{\partial^2 w}{\partial \lambda^2} > 0$ ，即 $\frac{\partial w}{\partial \lambda}$ 在 $[0,1]$ 单调递增。当 $\lambda = 0$ 时，

$$\frac{\partial w}{\partial \lambda} = \frac{m^2 s + 4\beta_2 kc - \beta_2 m^2 - 4\beta_2 ks}{2m^2} > 0，所以，\frac{\partial w}{\partial \lambda} > 0。$$

$$(3) \quad \frac{\partial p_r}{\partial \lambda} = \frac{2\beta_2 + c}{4} + \frac{m^2(4m^2 s + 2\beta_2 \lambda^2 m^2 - \lambda^2 m^2 c - 6\beta_2 m^2 - m^2 c + 4\lambda \beta_2 m^2) - 2\lambda m^2 c - 8\lambda^2 \beta_2^2 k + 12\beta_2 kc - 12\beta_2 ks + 4\lambda^2 \beta_2 kc}{4(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^2}，由$$

于 $\frac{\partial^2 p_r}{\partial \lambda^2} = -\frac{2m^2(3\beta_2 k - m^2)(2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^3}$ ，其中， $3\beta_2 k - m^2 > 0$ ，

$2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc > 0$ ，所以， $\frac{\partial^2 p_r}{\partial \lambda^2} > 0$ ，即 $\frac{\partial p_r}{\partial \lambda}$ 在 $[0,1]$ 单调递增。当 $\lambda = 0$

时， $\frac{\partial p_r}{\partial \lambda} = \frac{m^2 s + 3\beta_2 kc - \beta_2 m^2 - 3\beta_2 ks}{m^2} > 0$ ，所以 $\frac{\partial p_r}{\partial \lambda} > 0$ 。

$$(4) \quad \frac{\partial d_M}{\partial \lambda} = -\frac{m(2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc)}{(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k)^2},$$

其中, $2\beta_2 m^2 + 4\beta_2 ks - m^2 s - 4\beta_2 kc > 0$, 所以, $\frac{\partial d_M}{\partial \lambda} < 0$ 。

通过对推论 3 和推论 4 进行深入分析可以发现, 在无区块链模式下, 产品的最优零售价格并不受共享产品价值折扣的直接影响。这一结论的根源在于, 产品的最优零售价格是一个多维度决策的结果, 它主要受到区块链性能、市场需求以及消费者支付意愿等多重因素的共同作用。这些因素相互交织, 共同塑造了产品市场上的最终售价。相比之下, 共享产品的价值折扣, 即共享价格相对于全新产品零售价格的折扣幅度, 虽然体现了共享经济的特性, 但并不直接作用于产品的零售定价过程。然而, 对于产品的最优转让价格和最优共享价格时, 情况则有所不同。无论是无区块链模式还是有区块链模式下, 这两者均与共享产品的价值折扣呈显著正相关。这一正相关关系可以从以下方面理解: 首先, 制造商作为定价的先行者, 在制定最优转让价格时, 会充分考虑共享产品的价值折扣因素。随着价值折扣的增大, 即消费者通过共享方式获取产品所能获得的效用提升, 制造商预期到共享市场的潜力增加, 因此倾向于设定更高的转让价格, 以最大化其从共享平台获取的收入。

与此同时, 制造商在制定区块链性能时, 也会权衡价值折扣对共享市场的影响。高性能的区块链有助于提升共享产品的透明度和可信度, 进而增强消费者的支付意愿, 间接支持了更高的转让价格设定。随后, 共享平台在制定最优共享价格时, 同样会受到共享产品价值折扣的显著影响。随着价值折扣的增大, 消费者共享产品的效用提高, 支付意愿也随之增强。共享平台为了最大化其利润, 会根据市场需求和竞争态势, 合理设定共享价格, 确保在吸引足够多消费者的同时, 也能获得足够的收益。综上所述, 制造商在制定零售价格、转让价格和区块链性能时, 会综合考虑市场需求、区块链性能以及共享产品价值折扣等多重因素。而共享平台在制定共享价格时, 则主要依据消费者的支付意愿和市场竞争情况, 其中共享产品的价值折扣是一个关键考量因素。这些因素共同作用于共享供应链的定价策略, 形成了复杂而动态的定价机制。

3.3.2 引入区块链技术前后决策对比分析

推论 5 无区块链模式与有区块链模式下产品最优零售价格、最优转让价格和最优共享价格的大小关系:

(1) 零售价格: $p_b^B > p_b^{NB}$

(2) 转让价格: $w^B > w^{NB}$

(3) 共享价格: $p_r^B > p_r^{NB}$

推论 5 证明:

$$(1) \quad p_b^B - p_b^{NB} = \frac{\beta_2 - \beta_1}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \text{ 由于 } \beta_2 - \beta_1 > 0 \text{ 和}$$

$$\frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda\beta_2 k)} > 0, \text{ 所以 } p_b^B - p_b^{NB} > 0, \text{ 即 } p_b^B > p_b^{NB}。$$

$$(2) \quad w^B - w^{NB} = \frac{s - \beta_1 + \lambda\beta_2}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \text{ 由于 } s - \beta_1 + \lambda\beta_2 > 0 \text{ 和}$$

$$\frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda\beta_2 k)} > 0, \text{ 所以 } w^B - w^{NB} > 0, \text{ 即 } w^B > w^{NB}。$$

$$(3) \quad p_r^B - p_r^{NB} = \frac{\lambda(\beta_2 - \beta_1)}{2} + \frac{(3 - \lambda)m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{4(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \text{ 由于 } \beta_2 - \beta_1 > 0、$$

$$3 - \lambda > 0 \text{ 和 } \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{4(m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda\beta_2 k)} > 0, \text{ 所以 } p_r^B - p_r^{NB} > 0, \text{ 即 } p_r^B > p_r^{NB}。$$

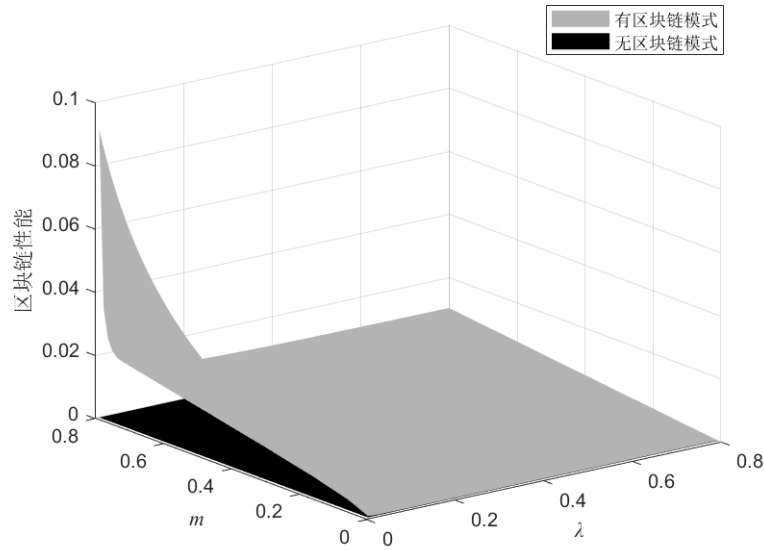
推论 5 指出, 在引入区块链技术后, 共享供应链中的产品最优零售价格、最优转让价格和最优共享价格均显著高于无区块链模式下的对应价格。这一现象背后的原因深刻揭示了区块链技术在提升供应链透明度和增强消费者信任方面的关键作用。区块链技术的运用显著提升了验证产品真实性的能力。通过去中心化、不可篡改的特性, 区块链确保了产品信息的完整性和可追溯性, 从而有效增强了消费者的信心。这种信任的建立直接提高了消费者的支付意愿, 使得制造商和共享平台能够设定更高的价格水平。同时, 区块链技术的实施也增加了共享供应链的成本。尽管成本上升, 但区块链带来的信任提升, 使得制造商和共享平台能够通过提高产品价格来弥补这部分额外支出, 并实现更高的利润。综上所述, 区块链技术通过提升产品验证能力和消费者信任, 间接推动了共享供应链中产品最优价格的上涨。这一结论不仅验证了区块链技术在共享经济中的价值, 也为企业在决策是否引入区块链技术时提供了重要的经济考量。

3.4 数值分析

本节主要目的是通过分析关键参数对最优结果的影响,并对比不采用区块链技术和采用区块链技术情形下最优结果的区别,来揭示区块链技术在优化共享供应链决策中的潜力与价值,进一步探究在共享供应链中采用区块链技术的必要性和适用条件。根据文献^[58-59],假设 $c = 0.01$, $k = 40$, $\beta_1 = 0.3$, $\beta_2 = 0.7$, $s = 0.05$, $d = 0.4$ 。

3.4.1 关键参数对区块链性能策略的影响和对比分析

图 3-2 绘制了无区块链模式和有区块链模式下区块链性能随 m 和 λ 的变化情况。首先,可以看出,有区块链模式下,区块链性能均随消费者对区块链性能的敏感系数和共享产品的价值折扣增大而提高。这是因为随着消费者对区块链性能敏感系数的提升,表明消费者愈发看重区块链技术所具备的优势,例如去中心化以及数据不可篡改等特性。这促使制造商为了满足消费者需求,投入更多资源来提升区块链性能。当共享产品的价值折扣增大时,表明共享产品相对于购买产品来说,其价值更加接近,这降低了消费者对共享产品的不信任感,进而提升了区块链技术在共享供应链中的应用价值。为了匹配这种价值提升,共享平台也会倾向于提升区块链性能。其次,还可以看出,有区块链模式下区块链性能高于无区块链模式下区块链性能。这是因为区块链技术自身具备去中心化、数据不可篡改等特性,这些特性为共享供应链提供了更高的透明度和可信度。在无区块链模式下,共享供应链在信息共享方面存在不足,透明度也相对较低,这很容易引发信任危机。不过,区块链技术的运用有效化解了这些难题,进而提高了共享供应链的整体效能。综上所述,图 3-2 的变化趋势不仅揭示了消费者对区块链技术的认可和接受程度对区块链性能的影响,还强调了区块链技术在提升供应链性能和信任度方面的重要作用。

图 3-2 区块链性能随 m 和 λ 变化情况

3.4.2 关键参数对价格策略的影响和对比分析

图 3-3 绘制了无区块链模式和有区块链模式下产品的最优转让价格随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，无区块链模式和有区块链模式下产品的最优转让价格均随共享产品的价值折扣增大而提高。这是因为当共享产品的价值折扣增大时，意味着共享产品相对于购买产品来说，其价值折扣减小，即共享产品的效用更加接近购买产品的效用，这提升了消费者对共享产品的接受度和支付意愿，从而促使制造商提高产品的转让价格，以保障在共享市场持续扩张的情况下维持自身的利润。其次，可以看出，有区块链模式下产品的最优转让价格随消费者对区块链性能的敏感系数增大而微增。这是因为当消费者对区块链性能的敏感系数增大时，表示消费者更加看重区块链技术的优势，这提升了消费者对采用区块链技术的产品的信任度，进而增加了他们对产品的支付意愿。为了迎合这种市场需求，制造商会倾向于提高产品的最优转让价格。然而，由于消费者对区块链性能的敏感系数的影响相对较小，因此最优转让价格的增加幅度也较为有限。最后，有区块链模式下的转让价格高于无区块链模式下的转让价格。这是因为：区块链技术的引入，为共享供应链提供了更高的透明度和可信度，有效解决了信息共享的不对称和不透明问题。这提升了消费者的信任度和支付意愿，为制造商提供了更高的定价基础。同时，区块链技术的开发、维护和性能提升等成本也会

反映在产品的转让价格上,从而导致有区块链模式下的转让价格高于无区块链模式下的转让价格。

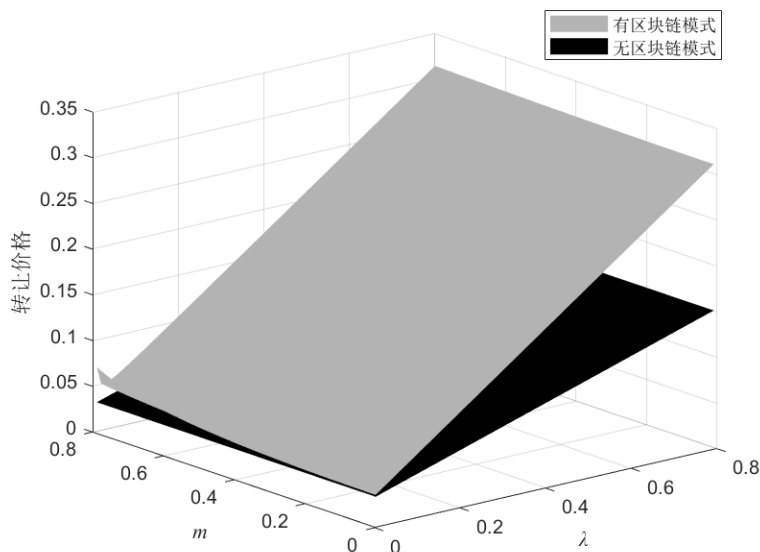


图 3-3 产品的转让价格随 m 和 λ 变化情况

图 3-4 绘制了无区块链模式和有区块链模式下产品的最优零售价格随 m 和 λ 的变化情况。首先,可以看出,当采用区块链技术时,产品的最优零售价格随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高,原因与区块链的性能密切相关,当消费者对区块链性能的敏感系数增大时,产品企业会投入更多的成本来改善区块链性能,进而给顾客带来更好的溯源、购物和共享体验,因此制造商也会制定更高的零售价格以获取更多的收入。其次,可以看出,有区块链模式下产品的最优零售价格最高,无区块链模式下产品的最优零售价格最低。这是因为有区块链模式下,相对来说成本也越高,企业会提高产品价格来获取更高的收入。无区块链模式下,产品的价格最低,这表明消费者需要付出更高的价格来享受区块链带来的好处,但该部分的成本付出是值得的,因为部分产品的价格昂贵,区块链可以帮助消费者对产品进行溯源,保证产品信息可追溯性和真实性。

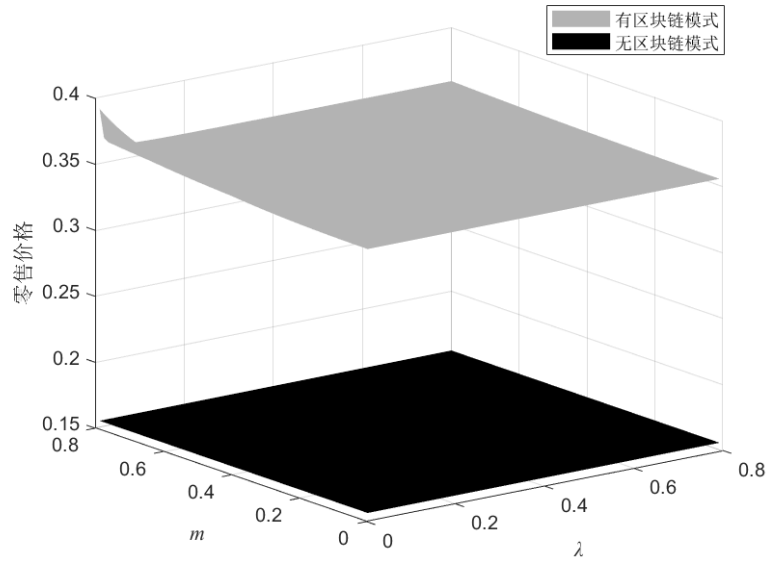
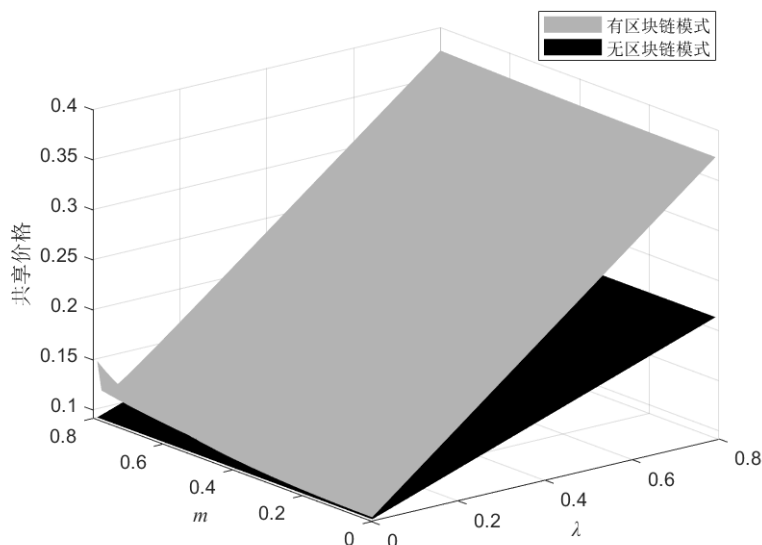


图 3-4 产品的零售价格随 m 和 λ 变化情况

图 3-5 绘制了无区块链模式和有区块链模式下产品的最优共享价格随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，无论是无区块链模式还是有区块链模式，产品的最优共享价格随共享产品的价值折扣增大而提高。这是因为随着产品共享价值折扣的增大，即产品共享价值与购买价值之间差距缩小，共享平台在制定共享价格时拥有了更强的定价基础。这一趋势反映出共享服务所提供的价值日益接近甚至在某些方面等同于直接购买，赋予了平台在设定更高共享价格时的信心。同时，对于追求短期使用或避免长期持有成本的消费者而言，共享价值的提升使得他们更加认可并愿意接受相应的共享价格，因为这样的服务满足了他们特定的消费需求和预算考量。因此，产品共享价值折扣的增大，不仅增强了平台的定价能力，也促进了消费者对于高价共享服务的接受度。其次，可以看出，有区块链模式下产品的最优零售价格随消费者对区块链性能的敏感系数增大而微增。原因与区块链性能密切相关。最后，还可以看出有区块链模式下的最优零售价格高于无区块链模式下的最优零售价格。这是因为区块链技术的引入为供应链带来了更高的透明度和可信度，有效解决了信息不对称和信任缺失的问题。这种信任度的提升不仅增强了消费者对产品的信心，还增加了他们对产品的价值感知。因此，制造商有理由也有空间为采用区块链技术的产品设定更高的零售价格。同时，区块链技术的开发、维护和性能提升等成本也会在一定程度上反映在产品的零售价格上。这些成本因素叠加在一起，使得有区块链模式下的最优零售价格高于无区块链模式下的最优零售价格。

图 3-5 产品的共享价格随 m 和 λ 变化情况

3.4.3 关键参数对最优利润的影响和对比分析

图 3-6 绘制了无区块链模式和有区块链模式下制造商利润随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，当企业采用区块链技术时，制造商的利润随共享产品的价值折扣增大而增高。根据前面的分析可知，当共享产品的价值折扣增大时，产品的共享价格越高，此时制造商会以更高的转让价格将产品转让给共享平台，也因此获得更多的利润。其次，可以看出，有区块链模式下，制造商的利润会随着消费者对区块链性能敏感系数的增大而提升。这是因为当消费者对区块链性能的敏感系数增大时，他们会更倾向于选购采用区块链技术的产品。并且更愿意承担由此带来的价格上浮，这一趋势促使制造商能够实现利润的增长。所以，有区块链模式下，制造商的利润随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高。最后，还可以看出，大部分情况下，有区块链模式下制造商所获得的利润要高于无区块链模式下制造商所获得的利润。这是因为区块链技术能够让供应链中的各个参与方实时地查看并验证交易信息，进而增强了供应链的透明度。透明度的提升有助于降低信息不对称，减少欺诈和违约行为，增强消费者对制造商的信任度。消费者信任度的提升可以促进交易的达成，从而增加制造商的利润。当消费者对区块链性能的敏感系数较小时，消费者与制造商之间的信任几乎不受是否引入区块链技术而影响，区块链技术的引入不仅不能给制造商带来销售量的增加，而且增加了

制造商的运营成本。因此在此情况下，无区块链模式下制造商的利润高于有区块链模式下制造商的利润。

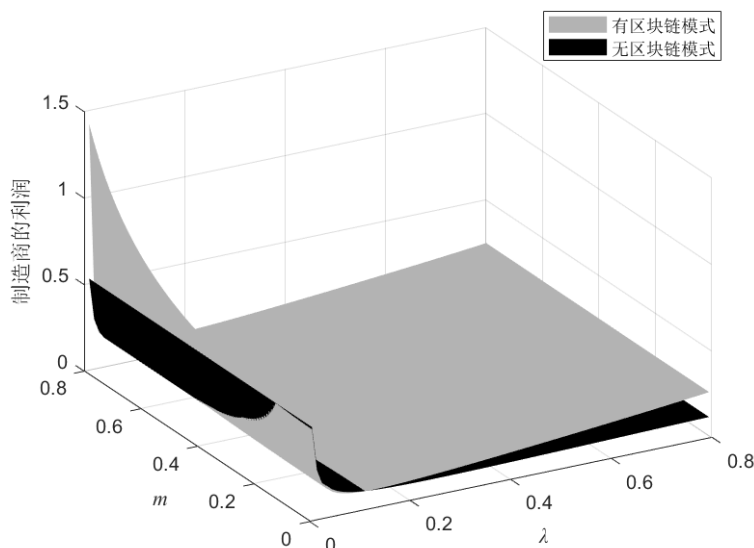


图 3-6 制造商利润随 m 和 λ 的变化情况

图 3-7 绘制了无区块链和有区块链模式下共享平台利润随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，消费者对区块链性能的敏感系数对无区块链模式下共享平台的利润影响不大。有区块链模式下，共享平台利润随着消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高。这是因为有区块链模式下区块链性能随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高，共享平台会制定更高的共享价格，因此共享平台利润随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高。其次，可以看出，有区块链模式下，共享平台利润随共享产品的价值折扣增大而降低。这是因为有区块链模式下随着共享产品的价值折扣增大，对于消费者来说共享产品的效用与购买产品的效用差值变小，产品共享市场逐渐打开，制造商为保障自己的市场占有率，制造商制定更高的产品转让价格来打压产品共享市场，因此有区块链模式下共享平台利润随共享产品价值折扣增大而降低。最后，还可以看出，大部分情况下，有区块链模式下共享平台的利润高于无区块链模式下共享平台的利润。这是因为区块链技术可以使得供应链中的各方能够实时查看和验证交易信息，从而提高供应链的透明度。透明度的提升有助于降低信息不对称，减少欺诈和违约行为，增强消费者对共享平台的信任度。消费者信任度的提升可以促进交易的达成，从而增加共享平台的利润。当消费者对区块链性能的敏感系数较小时，消费者与制造商之间的信任几乎不受是否引入区块链技术而影响，区块链技术的引入不仅不能给共享

平台带来销售量的增加，而且增加了共享平台的运营成本。因此在此情况下，无区块链模式下共享平台的利润高于有区块链模式下共享平台的利润。

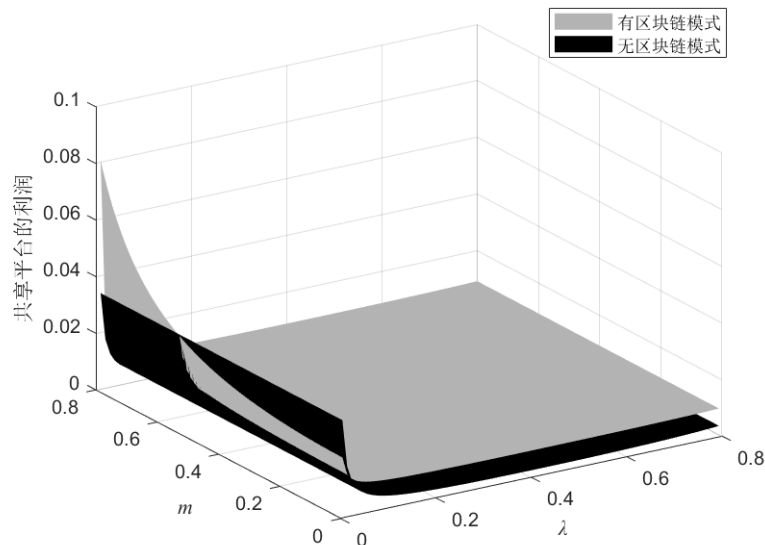


图 3-7 共享平台利润随 m 和 λ 的变化情况

图 3-8 绘制了无区块链和有区块链模式下供应链利润随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，无区块链和有区块链模式下供应链的利润均随共享产品的价值折扣增大而提高。这是因为共享产品的价值折扣反映了共享产品相对于购买产品在价值上的接近程度。当共享产品的价值折扣增大时，意味着共享产品的效用与购买产品的效用差距缩小，这增加了消费者对共享产品的接受度和支付意愿。在需求增加的推动下，共享平台能够提高共享价格，制造商也能以更高的转让价格将产品出售给共享平台，从而双方都能获得更高的利润，进而提升整个供应链的利润水平。其次，还可以看出，有区块链模式下供应链的利润高于无区块链模式下供应链的利润。这是因为区块链具备去中心化和不可篡改的特性，这些特性提升了供应链的透明度，降低了信息不对称程度，进而增强了消费者对产品的信任。这种信任度的提升有助于促进交易的顺利进行，减少欺诈和违约行为，从而降低交易成本，提高供应链的整体效率。区块链技术还能为供应链提供强大的数据支持和可追溯性，使得产品从生产到销售的全过程都能被准确记录和追踪。这不仅有助于提升产品质量和安全性，还能为制造商和共享平台提供更精准的市场分析和决策支持。尽管区块链技术的引入会带来一定的开发和维护成本，但从长远来看，这些成本投入所带来的供应链效率提升和利润增长是显著的。因此，有区块

链模式下的供应链利润能够保持在一个较高的水平。

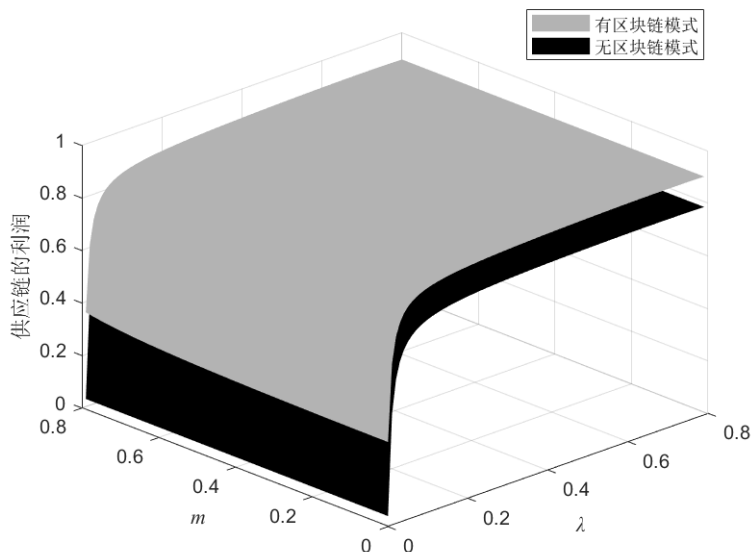


图 3-8 供应链的利润随 m 和 λ 变化情况

3.5 本章小结

本章主要探讨了区块链技术对共享供应链决策的影响。随着共享经济的快速发展，信息不对称和信任缺失等问题日益凸显，成为制约其进一步发展的瓶颈。区块链技术以其去中心化、数据不可篡改等特性，为解决这些问题提供了新的思路 and 有效手段。因此，本章通过构建有无区块链技术下的共享供应链决策模型，深入分析了区块链技术对共享供应链决策的多方面影响。

本章首先构建了无区块链技术下的共享供应链决策模型，揭示了由于信息不对称和信任缺失，共享平台面临高昂的交易成本。随后，引入了区块链技术，构建了采用区块链技术下的共享供应链决策模型，通过对比分析，展示了区块链技术如何通过增强供应链透明度、提升交易可追溯性和安全性，显著增强消费者信任，从而促进共享经济的发展。此外，本章还详细描述了模型中的关键参数，如消费者对区块链性能的敏感系数、共享产品的价值折扣以及消费者的信任系数等，并通过数学推导得出了最优决策结果。

本章结论指出，区块链技术的引入显著优化了共享供应链的决策过程。具体表现为：在无区块链技术环境下，高昂的交易成本限制了共享平台的发展；而引入区块链技术后，由于供应链透明度的提升和消费者信任的增强，制造商和共享

平台的利润均有所增长。同时，本章还通过数值分析验证了理论模型的正确性，并揭示了关键参数对最优决策结果的影响。例如，消费者对区块链性能的敏感系数和共享产品的价值折扣均对最优价格决策和供应链利润产生积极影响。

本章的研究为企业提供了宝贵的决策依据。首先，企业应考虑引入区块链技术来提升供应链的透明度和可信度，从而增强消费者信任，促进产品销售和共享。其次，在选择区块链开发方式时，企业应权衡自建链和 DAPP 两种模式的利弊，根据自身需求和资源状况做出合理选择。最后，企业还应关注消费者行为的变化，通过调整产品定价、营销策略等手段，充分利用区块链技术带来的市场机遇，实现利润最大化。总之，本章的研究不仅丰富了区块链技术在供应链管理领域的应用研究，也为共享经济的发展提供了新的理论支持和实践指导。

第 4 章 不同区块链开发方式下共享供应链决策研究

本章研究不同区块链开发方式下共享供应链决策问题,通过构建基于自建链的共享供应链决策模型和基于 DAPP 的共享供应链决策模型,并对最优结果进行对比和敏感性分析,重点探讨共享供应链应该选择哪种区块链开发方式。

4.1 模型描述与假设

第 3 章的研究结论表明,区块链技术通过增强消费者信任,有效提升了制造商和共享平台的利润。在此基础上,本章进一步探讨区块链的开发方式,主要聚焦于自建链和 DAPP(去中心化应用)两种模式。

自建链,即构建一个新的区块链网络,其开发难度相对较高。开发者需从零开始设计并实现共识机制、数据存储、网络通信等核心组件。尽管自建链在信任度上可能略逊于基于公有链的 DAPP,但其性能却更加灵活,可根据特定需求进行定制和优化。相反,DAPP 是基于现有的区块链平台(如以太坊、EOS 等)开发的应用程序,开发过程相对简便。开发者可利用平台提供的 API 和工具加速开发,且消费者往往对 DAPP 模式表现出更高的信任。然而,DAPP 的性能受限于公有链的约束,可能无法满足所有应用场景的需求。

为了深入探究共享供应链应如何选择区块链开发方式,本章将构建两个决策模型:基于自建链的共享供应链决策模型和基于 DAPP 的共享供应链决策模型。这两个模型将重点解决以下几个关键问题:

首先,本章需要分析自建链模式和 DAPP 模式下消费者效用函数的区别。在 DAPP 模式下,消费者可能因对公有链的信任而表现出更高的效用;而在自建链模式下,虽然信任度可能稍低,但区块链性能的灵活性可能为消费者带来其他方面的效益。

其次,关于如何构建这两个决策模型,本章将考虑共享供应链中的各方利益、消费者行为、区块链技术特性等因素,通过数学建模和仿真分析等方法,构建出能够反映实际情况的决策模型。

此外,本章将探讨关键参数对最优结果的影响。这些关键参数包括消费者对

区块链性能的敏感系数、共享产品的价值折扣、消费者的信任系数等。通过分析这些参数的变化对决策结果的影响,本章可以更深入地理解自建链和 DAPP 模式在共享供应链中的适用性。

最后,本章将综合比较自建链和 DAPP 模式的优缺点,深入探讨共享供应链应采用哪种区块链开发方式这一核心问题。自建链与 DAPP 各有其独特的优势和局限性,而选择何种方式更适合共享供应链,是一个需要综合考虑技术成本、市场需求、消费者行为等多方面因素的复杂决策。

4.1.1 模型描述

本章以由一个制造商、一个共享平台及消费者构成的共享供应链为研究对象,依据图 4-1 所示的共享供应链结构展开深入探究。在此供应链体系中,消费者拥有两个产品获取渠道:他们既可以直接向制造商购买产品,从而获得其完全所有权;也可以通过共享平台,仅获取产品的使用权,以满足其临时性或特定需求。

为了分析不同区块链开发方式下共享供应链决策问题,本章将构建两个决策模型:一是基于自建链的共享供应链决策模式,二是基于 DAPP 的共享供应链决策模型。

在构建这两种模型时,本章充分考虑了自建链与 DAPP 开发方式的本质区别。具体而言,基于供应链的 DAPP 模式在消费者信任方面表现出更强的优势,这得益于公有链的广泛认可度和透明度。相比之下,自建链虽然在消费者信任上可能略显逊色,但其性能却具有高度的可控性,能够根据供应链的具体需求进行定制和优化。

此外,两种开发方式在成本方面也存在显著差异。自建链的区块链开发成本与其性能紧密相关,性能越高,开发成本也相应增加。而 DAPP 的开发成本则与区块链性能无关,其成本结构相对固定。值得注意的是,DAPP 模式还会产生每一笔交易的额外费用,这也是在决策过程中需要权衡的重要因素。

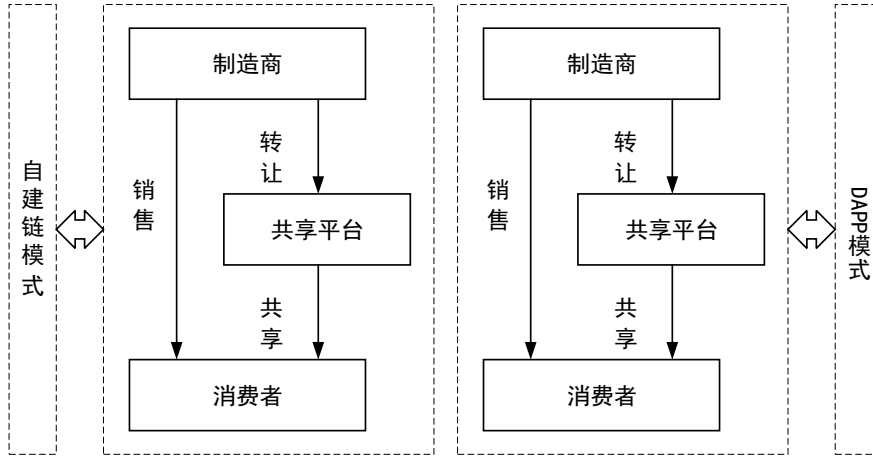


图 4-1 不同区块链开发方式下共享供应链结构

4.1.2 假设与符号说明

本章与前文基本假设一致，以下为前文基本假设的补充。

(1) 采用自建链情形下，购买产品时，消费者的效用函数为 $\beta_2 v + m d_M - p_b$ ；共享产品时，消费者的效用函数为 $\lambda \beta_2 v + m d_M - p_r$ ，其中， $0 < \beta_2 < 1$ 表示采用自建链时，消费者不能够确认产品信息的真实性，因此在估值上有所降低； $0 < \lambda < 1$ 表示相对于购买产品，共享产品存在价值上的折扣。采用 DAPP 情形下，购买产品时，消费者的效用函数为 $v + m d_T - p_b$ ；共享产品时，消费者的效用函数为 $\lambda v + m d_T - p_r$ 。 d_M 和 d_T 均表示区块链的性能，包括区块链的系统吞吐量、安全性和可扩展性。消费者在购买或共享产品的过程中体验到区块链这些性能，如通过溯源二维码获取产品信息的快慢程度，网页或 DAPP 的流畅程度等都会影响顾客的体验。

基于上述说明，采用自建链情形下，消费者购买产品的效用函数为

$$U_b = \beta_2 v + m d_M - p_b, \quad (4-1)$$

自建链模式下，消费者共享产品的效用函数为

$$U_r = \lambda \beta_2 v + m d_M - p_r. \quad (4-2)$$

采用 DAPP 情形下，消费者购买产品的效用函数为

$$U_b = v + m d_T - p_b, \quad (4-3)$$

采用 DAPP 情形下，消费者共享产品的效用函数为

$$U_r = \lambda v + md_T - p_r. \quad (4-4)$$

(2) 市场需求。根据对消费者的说明,可以得到,当 $p_r \geq \lambda p_b + (1-\lambda)md_M$ 时,采用自建链情形下,消费者对产品的购买需求为 $D_b^{MB} = 1 - \frac{p_b - md_M}{\beta_2}$, 消费者对产品的共享需求为 $D_r^{MB} = 0$ 。采用 DAPP 情形下,消费者对产品的购买需求为 $D_r^{TB} = 1 - (p_b - md_T)$, 消费者对产品的共享需求为 $D_r^{TB} = 0$ 。本章重点关注产品零售市场和共享市场共存的情况,因此假设 $p_r < \lambda p_b + (1-\lambda)md_M$ 。采用自建链情形下,消费者对产品的购买需求为 $D_b^{MB} = 1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2}$, 消费者对产品的共享需求为 $D_r^{MB} = \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2}$; 采用 DAPP 情形下,消费者对产品的购买需求为 $D_b^{TB} = 1 - \frac{p_b - p_r}{1-\lambda}$, 消费者对产品的共享需求为 $D_r^{TB} = \frac{p_b - p_r}{1-\lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda}$ 。

(3) 成本说明。开发自建链和开发 DAPP 是两种常见的区块链项目开发方式,它们都具有可追溯性、不可篡改性、透明性的特点,但是这两种区块链项目所需要的开发、使用和维护等成本差距很大。

首先,对自建链所需要的成本进行说明。自建链指的是由某个机构或组织在其内部所使用的区块链,它一般由多个联盟成员携手共同搭建。本文所探究的自建链由制造商构建,所需要的成本主要为区块链开发和维护成本。假设该部分的成本函数为 $\frac{1}{2}kd_M^2$, 其中 d_M 为自建链模式下区块链的性能,区块链性能越高所花费的成本越多,且性能的提高难度越来越大。

其次,对 DAPP 所需要的成本进行说明。DAPP 指运行于区块链上的去中心化应用程序。相较于开发新的区块链,包括自建链,基于已有区块链开发 DAPP 所需的开发和维护成本很低。假设 DAPP 的开发和维护成本为 G 。除了开发和维护成本,制造商和共享平台还需要针对每一笔订单花费的区块链交互成本,例如调用智能合约、转账和上传信息时产生的费用,假设单位交互成本为 c_i 。

表 4-1 参数符号及含义

符号	含义
c	单位成本
c_i	单位交互成本
p_b	单位产品的零售价格
w	单位产品的转让价格
p_r	单位产品的共享价格
d_M 、 d_T	区块链的性能
v	消费者对产品的估值
λ	相对于购买产品，共享产品的价值折扣， $0 < \lambda \leq 1$
β_2	消费者的信任系数， $0 < \beta_2 < 1$
m	消费者对区块链性能的敏感系数
s	单位产品的残值
k	区块链开发和维护的成本系数
G	DAPP 模式下，区块链开发和维护成本
U_b	消费者的购买效用
U_r	消费者的共享效用
D_b^{MB}	自建链模式下，产品的零售需求
D_r^{MB}	自建链模式下，产品的共享需求
D_b^{TB}	DAPP 模式下，产品的零售需求
D_r^{TB}	DAPP 模式下，产品的共享需求
π_m	制造商的利润
π_p	共享平台的利润

4.2 模型构建和求解

为了进一步探究不同区块链开发方式，即共同投资构建并使用区块链的模式（以下简称自建链模式）和基于公有链开发去中心化应用的模式（以下简称 DAPP 模式），对共享供应链相关决策和利润的影响，分别构建基于自建链的共享供应链决策模型和基于 DAPP 的共享供应链决策模型。

4.2.1 基于自建链的共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述,可知,自建链模式下,消费者对产品的购买需求为

$$D_b^{MB} = 1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2}, \quad (4-5)$$

消费者对产品的共享需求为

$$D_r^{MB} = \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2}. \quad (4-6)$$

制造商开发和维护的自建链情形下,制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m^{MB} &= p_b D_b^{MB} + w D_r^{MB} - c(D_r^{MB} + D_b^{MB}) - \frac{1}{2} k d_M^2 \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} \right) + w \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) - c \left(1 - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) - \frac{1}{2} k d_M^2, \end{aligned} \quad (4-7)$$

其中, $p_b D_b^{MB}$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入, $w D_r^{MB}$ 为制造商将产品转让给共享平台获取的收入, $c(D_r^{MB} + D_b^{MB})$ 为制造商的生产成本, $\frac{1}{2} k d_M^2$ 为制造商所承担的自建链开发和维护成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_p^{MB} &= p_r D_r^{MB} - w D_r^{MB} + s D_r^{MB} \\ &= (p_r - w + s) \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right), \end{aligned} \quad (4-8)$$

其中, $p_r D_r^{MB}$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入, $w D_r^{MB}$ 为共享平台向制造商购买产品的成本, $s D_r^{MB}$ 为共享完成后,产品的剩余价值。

定理 3 基于自建链的共享供应链的最优零售价格为

$$p_b^{MB*} = \frac{\beta_2 + c}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (4-9)$$

最优转让价格为

$$w^{MB*} = \frac{c + s + \lambda\beta_2}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (4-10)$$

最优区块链的性能为

$$d_M^* = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k}, \quad (4-11)$$

和最优共享价格为

$$p_r^{MB*} = \frac{m^2(c + \lambda^2\beta_2 + \lambda c - s - \lambda\beta_2) + \lambda\beta_2 k(s - c - \lambda c - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k}, \quad (4-12)$$

其中, $\lambda m^2 + m^2 - 4\lambda\beta_2 k < 0$ 。定理 3 证明参考定理 2 证明。

4.2.2 基于 DAPP 的共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述, 可知, DAPP 模式下, 消费者对产品的购买需求为

$$D_b^{TB} = 1 - \frac{p_b - p_r}{1 - \lambda}, \quad (4-13)$$

消费者对产品的共享需求为

$$D_r^{TB} = \frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda}. \quad (4-14)$$

制造商基于已有区块链开发并维护 DAPP 情形下, 制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m^{TB} &= p_b D_b^{TB} + w D_r^{TB} - c_i (D_b^{TB} + D_r^{TB}) - c (D_b^{TB} + D_r^{TB}) - G \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} \right) + w \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - (c + c_i) \left(1 - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - G, \end{aligned} \quad (4-15)$$

其中, $p_b D_b^{TB}$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入, $w D_r^{TB}$ 为制造商将产品转让给共享平台获取的收入, $c_i (D_b^{TB} + D_r^{TB})$ 为制造商所花费的区块链交互成本, 例如调用智能合约、转账和上传信息时产生的费用, $c (D_b^{TB} + D_r^{TB})$ 为制造商的生产成本, G 为基于已有区块链开发和维护 DAPP 所花费的成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_p^{TB} &= p_r D_r^{TB} - w D_r^{TB} - c_i D_r^{TB} + s D_r^{TB} \\ &= (p_r - w - c_i + s) \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right), \end{aligned} \quad (4-16)$$

其中, $p_r D_r^{TB}$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入, $w D_r^{TB}$ 为共享平台向

制造商购买产品的成本， $c_i D_r^{TB}$ 为共享平台所花费的区块链交互成本，例如调用智能合约、转账和上传信息时产生的费用， $s D_r^{TB}$ 为共享完成后，产品的剩余价值。

定理 4 基于 DAPP 的共享供应链的最优零售价格为

$$p_b^{TB*} = \frac{c + c_i + m d_T + 1}{2}, \quad (4-17)$$

最优转让价格为

$$w^{TB*} = \frac{c + \lambda + s + m d_T}{2}, \quad (4-18)$$

和最优共享价格为

$$p_r^{TB*} = \frac{c + 2c_i + 2\lambda + \lambda c + \lambda c_i - s + (3 - \lambda)m d_T}{4}. \quad (4-19)$$

定理 4 证明：根据逆向求解法，由于共享平台的利润函数为

$$\pi_p^{TB} = (p_r - w - c_i) \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - m d_T}{\lambda} \right) + s \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - m d_T}{\lambda} \right), \quad (4-20)$$

因为 $\frac{\partial^2 \pi_p^{TB}}{\partial p_r^2} < 0$ ，所以令 $\frac{\partial \pi_p^{TB}}{\partial p_r} = 0$ 求得

$$p_r = \frac{w + c_i + m d_T + \lambda p_b - s - \lambda m d_T}{2}, \quad (4-21)$$

将 p_r 代入制造商的利润函数中，可求得 π_m^{TB} 关于 p_b 和 w 的海瑟矩阵

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_m^{TB}}{\partial p_b^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^{TB}}{\partial p_b \partial w} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^{TB}}{\partial w \partial p_b} & \frac{\partial^2 \pi_m^{TB}}{\partial w^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda - 2}{1 - \lambda} & \frac{1}{1 - \lambda} \\ \frac{1}{1 - \lambda} & \frac{1}{\lambda(\lambda - 1)} \end{bmatrix}, \quad (4-22)$$

共享平台的利润函数关于产品共享价格的二阶导数为负。因为 $0 < \lambda < 1$ ，所以

$\frac{\lambda - 2}{1 - \lambda} < 0$ ，二阶顺序主子式 $\frac{2}{\lambda(1 - \lambda)} > 0$ ，因此，海瑟矩阵负定，存在最优零售价格

和转让价格使得制造商利润最大。令 $\frac{\partial \pi_m^{TB}}{\partial p_b} = 0$ ， $\frac{\partial \pi_m^{TB}}{\partial w} = 0$ 联立方程可得产品的

最优转让价格和最优销售价格分别为

$$w^{TB*} = \frac{c + \lambda + s + m d_T}{2}, \quad (4-23)$$

$$p_b^{TB*} = \frac{c + c_i + md_T + 1}{2}, \quad (4-24)$$

将 w^{TB*} 和 p_b^{TB*} 代入 $p_r = \frac{w + c_i + md_T + \lambda p_b - s - \lambda md_T}{2}$ 中, 可得

$$p_r^{TB*} = \frac{c + 2c_i + 2\lambda + \lambda c + \lambda c_i - s + (3 - \lambda)md_T}{4}。 \quad (4-25)$$

4.3 解析分析

4.3.1 关键参数的影响分析

推论 6DAPP 模式下产品零售价格、转让价格和共享价格与消费者信任系数的关系满足:

$$\frac{\partial p_b}{\partial \beta_2} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \beta_2} = 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \beta_2} = 0。$$

推论 6 证明:

$$\frac{\partial p_b}{\partial \beta_2} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \beta_2} = 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \beta_2} = 0。$$

由推论 6 可以看出, DAPP 模式下, 产品的最优零售价格、最优转让价格和最优共享价格均与消费者信任系数无关。这是因为 β_2 表示消费者信任系数, 在 DAPP 模式下, 令 $\beta_2 = 1$, 即产品的最优零售价格、最优转让价格和最优共享价格均与消费者信任系数无关。

推论 7DAPP 模式下产品零售价格、转让价格、共享价格及区块链性能与共享产品价值折扣的关系满足:

$$\frac{\partial p_b}{\partial \lambda} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \lambda} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \lambda} > 0。$$

推论 7 证明:

$$\frac{\partial p_b}{\partial \lambda} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \lambda} = \frac{1}{2} > 0, \quad \frac{\partial p_r}{\partial \lambda} = \frac{2 + c + c_i - md_T}{4} > 0。$$

根据推论 7, DAPP 模式下, 产品的最优零售价格与共享产品的价值折扣无关, 而产品的最优转让价格和最优共享价格则与共享产品的价值折扣呈正相关。首先, DAPP 模式基于现有的区块链平台开发, 具有高度的透明度和可信度。这

种特性使得消费者在交易过程中更加注重区块链技术带来的安全保障和交易透明度，而非单一依赖于共享产品的价值折扣来评估交易价值。因此，在 DAPP 模式下，共享产品的价值折扣对最优零售价格的影响被弱化，消费者更关注区块链技术带来的信任保障和交易效率。其次，对于最优转让价格和最优共享价格而言，它们与共享产品的价值折扣呈正相关。这是因为在 DAPP 模式下，共享产品的价值折扣直接影响了消费者的支付意愿和共享平台的市场竞争力。随着共享产品价值折扣的增大，即共享产品与全新产品之间的价值差距缩小，消费者对共享产品的接受度和支付意愿也随之提高。共享平台为了吸引更多消费者参与共享活动，会倾向于制定更高的共享价格。同时，制造商也会根据市场需求和共享平台的定价策略，相应调整产品的转让价格，以确保自身的利润最大化。具体而言，共享产品价值折扣的增大，使得共享产品在价格上更具竞争力，从而吸引了更多消费者的关注和参与。共享平台通过提高共享价格，不仅增加了自身的利润，还进一步促进了共享经济的发展。而制造商则通过调整转让价格，平衡了自身与共享平台之间的利益分配，实现了共赢的局面。

4.3.2 不同区块链开发方式下决策对比分析

推论 8 产品零售价格、转让价格和共享价格分别在自建链模式与 DAPP 模式下的大小关系：

$$(1) \text{零售价格: 令 } d_{T1} = \frac{m^2(\lambda c_i + \lambda + c_i + 1 - c - \beta_2 - \lambda c + s + \lambda \beta_2) - 4\lambda \beta_2 k(c_i + 1 - \beta_2)}{m(4\lambda \beta_2 k - m^2 + \lambda m^2)},$$

当 $0 < d_T \leq d_{T1}$ 时, $p_b^{TB} \leq p_b^{MB}$; 当 $d_{T1} < d_T < 1$ 时, $p_b^{TB} > p_b^{MB}$ 。

$$(2) \text{转让价格: 令 } d_{T2} = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda \beta_2)}{m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k} + \frac{\lambda \beta_2 - \lambda}{m}, \text{ 当 } 0 < d_T \leq d_{T2} \text{ 时,}$$

$w^{TB} \leq w^{MB}$; 当 $d_{T2} < d_T < 1$ 时, $w^{TB} > w^{MB}$ 。

$$(3) \text{共享价格: 令 } d_{T3} = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda \beta_2)}{m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k} + \frac{2\lambda \beta_2 - 2c_i - 2\lambda - \lambda c_i}{(3 - \lambda)m}, \text{ 当}$$

$0 < d_T \leq d_{T3}$ 时, $p_r^{TB} \leq p_r^{MB}$; 当 $d_{T3} < d_T < 1$ 时, $p_r^{TB} > p_r^{MB}$ 。

推论 8 证明:

(1) $\Delta p_b = p_b^{TB} - p_b^{MB}$, 当 $\Delta p_b = 0$ 时,

$$d_{T1} = \frac{m^2(\lambda c_i + \lambda + c_i + 1 - c - \beta_2 - \lambda c + s + \lambda \beta_2) - 4\lambda \beta_2 k(c_i + 1 - \beta_2)}{m(4\lambda \beta_2 k - m^2 + \lambda m^2)}。由于 \frac{\partial \Delta p_b}{\partial d_T} = \frac{m}{2} > 0,$$

所以, 当 $0 < d_T \leq d_{T1}$ 时, $\Delta p_b \leq 0$, 即 $p_b^{TB} \leq p_b^{MB}$; 当 $d_{T1} < d_T < 1$ 时, $\Delta p_b > 0$, 即 $p_b^{TB} > p_b^{MB}$ 。

(2) $\Delta w = w^{TB} - w^{MB}$, $\Delta w = 0$ 时, $d_{T2} = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda \beta_2)}{m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k} + \frac{\lambda \beta_2 - \lambda}{m}$ 。由于

$$\frac{\partial \Delta w}{\partial d_T} = \frac{m(3 - \lambda)}{4} > 0, 所以, 当 0 < d_T \leq d_{T2} 时, \Delta w \leq 0, 即 w^{TB} \leq w^{MB}; 当 d_{T2} < d_T < 1$$

时, $\Delta w > 0$, 即 $w^{TB} > w^{MB}$ 。

(3) $\Delta p_r = p_r^{TB} - p_r^{MB}$, 当 $\Delta p_r = 0$ 时, $d_{T3} = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda \beta_2)}{m^2 + \lambda m^2 - 4\lambda \beta_2 k} + \frac{2\lambda \beta_2 - 2c_i - 2\lambda - \lambda c_i}{(3 - \lambda)m}$ 。

由于 $\frac{\partial \Delta p_r}{\partial d_T} = \frac{m}{2} > 0$, 所以, 当 $0 < d_T \leq d_{T3}$ 时, $\Delta p_r \leq 0$, 即 $p_r^{TB} \leq p_r^{MB}$; 当 $d_{T3} < d_T < 1$

时, $\Delta p_r > 0$, 即 $p_r^{TB} > p_r^{MB}$ 。

推论 8 揭示了 DAPP 模式与自建链模式下, 产品价格 (包括零售价格、转让价格和共享价格) 与区块链性能之间的复杂关系。具体而言, 当 DAPP 模式的区块链性能较低时, 其产品价格往往低于自建链模式; 反之, 当 DAPP 模式的区块链性能较高时, 则可能超过自建链模式。这一现象可以从第 4 章的内容中得到深入解析。

首先, DAPP 模式基于现有的区块链平台开发, 其性能受到公有链的整体制约。在性能较低的情况下, DAPP 在交易处理速度、数据吞吐量和网络延迟等方面可能表现不佳, 这直接影响到用户体验和交易效率。相比之下, 自建链模式虽然开发成本较高, 但能够根据实际需求进行定制化设计, 从而在性能上实现更优表现。因此, 在区块链性能成为瓶颈时, 自建链模式能够通过提供更高效、稳定的交易环境, 支持更高的产品价格。其次, 随着区块链技术的不断发展, DAPP 模式的性能也在逐步提升。当 DAPP 模式的区块链性能达到或超过自建链模式时, 其优势开始显现。DAPP 模式依托成熟的区块链平台, 能够享受平台提供的

广泛用户基础、丰富的生态系统和持续的技术支持。这些因素共同作用下，使得 DAPP 模式在性能提升后，能够吸引更多用户参与，提升交易活跃度，进而支持更高的产品价格。此外，DAPP 模式的开发成本和维护成本相对较低，这使得企业在价格策略上更加灵活。在性能相当的情况下，DAPP 模式可能通过降低成本、提高效率等方式，实现更高的市场竞争力，从而支持更高的产品价格。

综上所述，DAPP 与自建链模式下产品价格与区块链性能的关系，取决于区块链性能的具体水平。在性能较低时，自建链模式以其定制化设计和高效性能占据优势；而在性能较高时，DAPP 模式则凭借低成本、高效率和广泛用户基础等优势，可能实现更高的产品价格。

4.4 数值分析

本节主要目的是通过分析关键参数对最优结果的影响，并对比自建链模式和 DAPP 模式下最优结果的区别，来探究共享供应链在选择区块链开发方式时的考量因素。根据文献^[58-59]，假设 $c = 0.01$, $s = 0.05$, $k = 40$, $c_i = 0.004$, $\beta_1 = 0.3$, $\beta_2 = 0.7$, $G = 0.15$, $d_T = 0.7$ 。

4.4.1 关键参数对区块链性能策略的影响和对比分析

图 4-2 绘制了自建链模式和 DAPP 模式下区块链性能随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，自建链模式下区块链性能均随消费者对区块链性能的敏感系数和共享产品的价值折扣增大而提高。这是因为当消费者对区块链性能的敏感系数增加时，意味着消费者对区块链技术所提供的透明性、安全性和可追溯性等特性的重视程度提高。为了满足这一市场需求，自建链模式下的产品企业会倾向于投入更多资源来优化区块链性能，以提供更好的用户体验和服务质量。当共享产品的价值折扣增大时，表明共享产品相对于购买产品来说，其价值更加接近，这降低了消费者对共享产品的不信任感。为了进一步提升共享产品的吸引力和市场竞争力，自建链模式下的企业也会通过提升区块链性能来加强产品的溯源、验证和信任机制，从而提高消费者对共享产品的接受度和支付意愿。其次，还可以看出，当消费者对区块链性能的敏感系数较大时，自建链模式下区块链性能高于 DAPP

模式下区块链性能，反之，DAPP 模式下区块链性能高于自建链模式下区块链性能。这是因为自建链模式具有高度的灵活性和可定制性，能够根据企业的具体需求和业务场景进行个性化设计和优化。当消费者对区块链性能的要求较高时，自建链模式能够更精确地满足这些需求，提供更高水平的区块链性能。然而，自建链模式的开发和维护成本相对较高，且需要企业具备一定的技术实力和资源投入。相比之下，DAPP 模式基于现有的区块链平台开发，开发过程相对简便，成本较低，且能够借助公有链的广泛认可度提升消费者信任。因此，在消费者对区块链性能要求不是特别高的情况下，DAPP 模式可能以更低的成本提供相对满意的区块链性能。

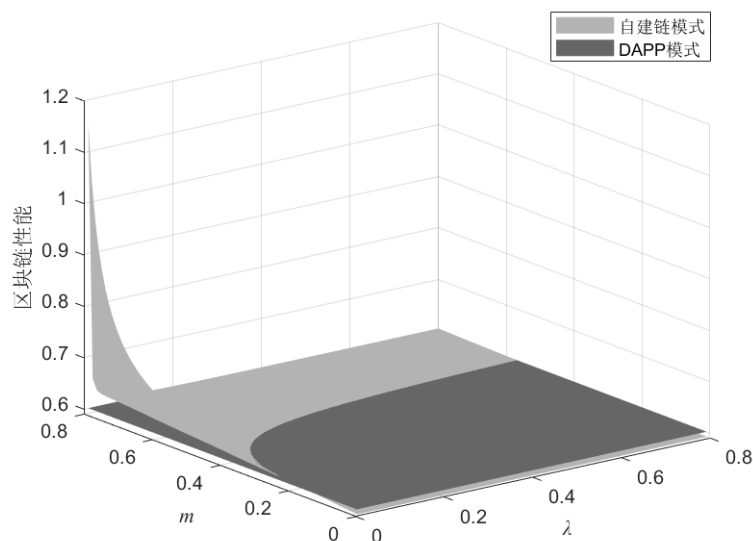


图 4-2 区块链性能随 m 和 λ 变化情况

4.4.2 关键参数对价格策略的影响和对比分析

图 4-3 绘制了自建链模式和 DAPP 模式下产品的最优转让价格随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，无论是自建链模式还是 DAPP 模式，产品的最优转让价格均随消费者对区块链性能的敏感系数和共享产品的价值折扣增大而提高，而且 DAPP 模式更加显著。这是因为当消费者对区块链性能的敏感系数增大时，意味着消费者更加看重区块链技术所带来的透明度、安全性和可追溯性。这种信任度的提升增强了消费者对共享产品的信心，进而提高了他们对共享产品的支付意愿。为了满足市场需求，制造商会倾向于提高产品的转让价格，以获取更高的利

润。当共享产品的价值折扣增大时,使得共享产品相对于购买产品的价值更加接近,这降低了消费者对共享产品的不信任感,并提高了他们的接受度和支付意愿。因此,制造商也会相应提高产品的转让价格。在 DAPP 模式下,由于消费者往往对基于公有链的 DAPP 表现出更高的信任,这种信任溢价使得 DAPP 模式下的转让价格提升更为显著。其次,还可以看出,当消费者对区块链性能的敏感系数和共享产品的价值折扣都较大时,DAPP 模式下产品的最优转让价格高于自建链模式下产品的最优转让价格,反之,自建链模式下产品的最优转让价格高于 DAPP 模式下产品的最优转让价格。这是因为在消费者对区块链性能要求较高且共享产品价值折扣较大的情况下,DAPP 模式凭借其基于公有链的广泛认可度和透明度优势,能够更好地满足消费者的需求,从而设定更高的转让价格。然而,当消费者对区块链性能的要求不是特别高,且共享产品价值折扣较小时,自建链模式凭借其高度的灵活性和可定制性,能够根据企业的具体需求进行个性化设计和优化,从而在成本控制和性能优化方面取得优势,进而设定相对较高的转让价格。

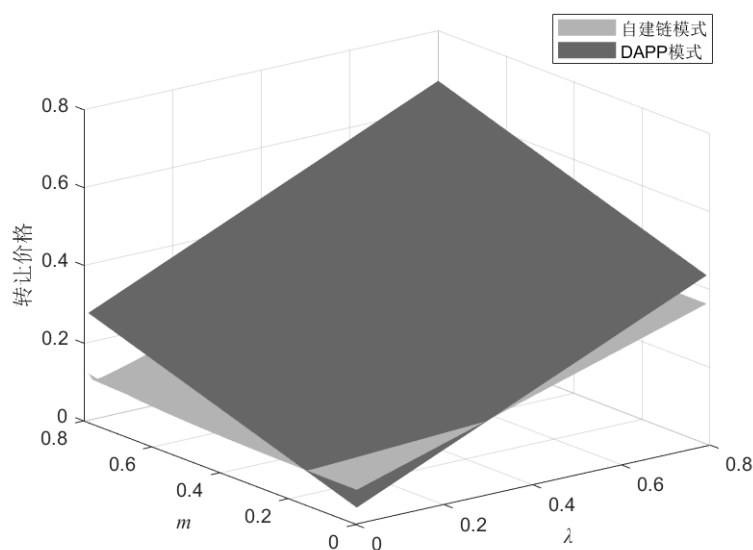


图 4-3 产品的转让价格随 m 和 λ 变化情况

图 4-4 绘制了自建链模式和 DAPP 模式下产品的最优零售价格随 m 和 λ 的变化情况。首先,可以看出,无论是自建链模式还是 DAPP 模式,产品的最优零售价格均随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高,原因与区块链的性能密切相关,当消费者对区块链性能的敏感系数增大时,企业会投入更多的成本来改

善区块链性能，进而给顾客带来更好的溯源、购物和共享体验，因此制造商也会制定更高的零售价格以获取更多的收入。其次，还可以看出，DAPP 模式下产品的最优零售价格最高，自建链模式下产品的最优零售价格最低。这是因为在 DAPP 模式下，由于其数据不可篡改的特性相较于自建链模式具有显著优势，这一特点极大地增强了消费者对 DAPP 模式的信任度。制造商因此更有信心设定更高的零售价格，因为他们相信 DAPP 模式的透明度和安全性能吸引并留住追求高品质和真实性的消费者。同时，消费者也乐于接受这样的零售价格，因为他们认为 DAPP 模式下提供的产品和服务更加可靠，值得信赖。简而言之，DAPP 模式的数据不可篡改性增强了消费者信任，进而为制造商提供了提高零售价格的底气，而消费者也愿意为此买单。

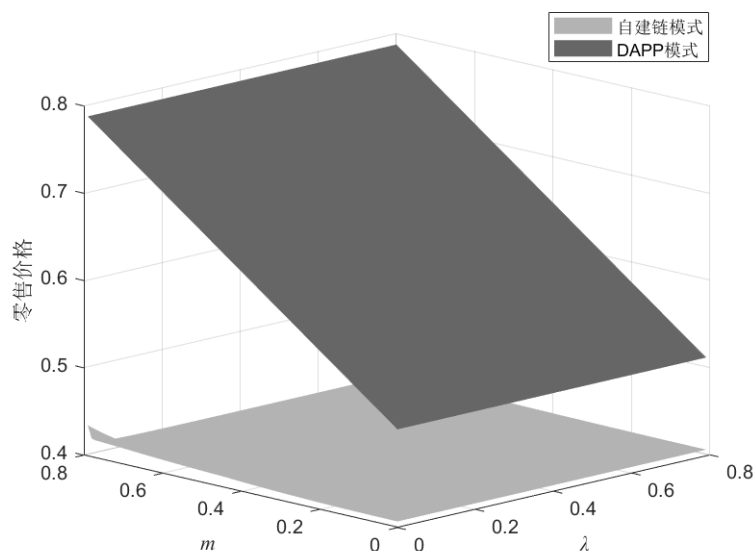


图 4-4 产品的零售价格随 m 和 λ 的变化情况

图 4-5 绘制了自建链模式和 DAPP 模式下产品的最优共享价格随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，无论是自建链模式还是 DAPP 模式下，产品的最优共享价格均随消费者对区块链性能的敏感系数和共享产品的价值折扣增大而提高。原因与区块链的性能密切相关，当消费者对区块链性能的敏感系数增大时，企业会投入更多的成本来改善区块链性能，进而给顾客带来更好的溯源、购物和共享体验。当共享产品的价值折扣增大时，即产品共享价值与购买价值之间差距缩小，共享平台在制定共享价格时拥有了更强的定价基础。这一趋势反映出共享服务所提供的价值日益接近甚至在某些方面等同于直接购买，赋予了平台在设定更高共享价格时的信心。因此，这不仅增强了平台的定价能力，也促进了消费者

对于高价共享服务的接受度。其次，还可以看出，DAPP 模式下产品的最优共享价格最高，自建链模式下产品的最优共享价格最低。这 DAPP 模式下数据不可篡改的特性相较于自建链模式具有显著优势，这一特点极大地增强了消费者对 DAPP 模式的信任度，进而影响了消费者的支付意愿。

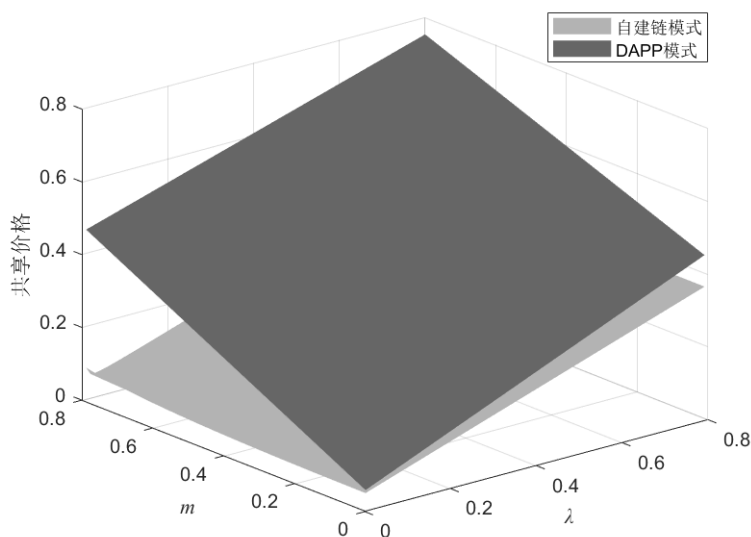


图 4-5 产品的共享价格随 m 和 λ 的变化情况

4.4.3 关键参数对最优利润的影响和对比分析

图 4-6 绘制了自建链模式和 DAPP 模式下制造商利润随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，无论是自建链模式还是 DAPP 模式，制造商的利润随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高，而且 DAPP 模式更加显著。这是因为随着消费者对区块链技术认知度和信任度的提升，他们更愿意为那些采用了区块链技术的产品支付更高的价格。在自建链模式下，制造商可以根据自身需求定制区块链系统，提升供应链的透明度和效率，从而增强消费者信任，提高产品售价，进而增加利润。而在 DAPP 模式下，虽然区块链系统是基于公有链的，但消费者往往对 DAPP 模式表现出更高的信任，这也促使制造商能够提高产品价格，增加收入。消费者对区块链性能的敏感系数增大之所以能提高制造商的利润，是因为这反映了市场需求的变化。随着区块链技术的普及和消费者对其价值的认可，那些能够提供更高透明度、安全性和可追溯性的产品将更具市场竞争力。制造商通过投资区块链技术，不仅能够满足这一市场需求，还能在激烈的市场竞争中脱颖而出，

获取更高的市场份额和利润。其次，还可以看出，当消费者对区块链性能的敏感系数较大时，DAPP 模式下制造商的利润高于自建链模式下制造商的利润。这是因为当消费者对区块链性能的敏感系数较高时，DAPP 模式能够充分发挥其低成本、高性能的优势，吸引大量消费者，从而实现最高利润。其次，还可以看出，在消费者对区块链性能敏感系数不高的情形下，自建链模式能够凭借其定制化和灵活性的特点，满足特定消费者的需求，从而实现较高利润。

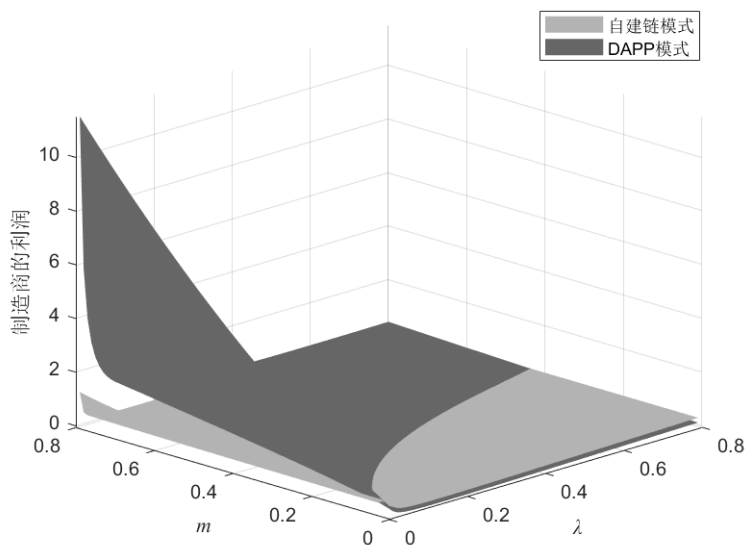


图 4-6 制造商利润随 m 和 λ 的变化情况

图 4-7 绘制了自建链模式和 DAPP 模式下共享平台利润随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，消费者对区块链性能的敏感系数和共享产品的价值折扣对自建链模式下共享平台的利润影响不大。DAPP 模式下，共享平台利润随着消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高。这是因为 DAPP 模式下区块链性能随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高，共享平台会制定更高的共享价格，因此共享平台利润随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高。其次，可以看出，DAPP 模式下，共享平台利润随共享产品的价值折扣增大而降低。这是因为 DAPP 模式下随着共享产品的价值折扣增大，对于消费者来说共享产品的效用与购买产品的效用差值变小，产品共享市场逐渐打开，制造商为保障自己的市场占有率，制造商制定更高的产品转让价格来打压产品共享市场，因此 DAPP 模式下共享平台利润随共享产品价值折扣增大而降低。最后，还可以看出，当消费者对区块链性能的敏感系数较小时，自建链模式下共享平台的利润最高。这是因为当消费者

对区块链性能的敏感系数较小，即消费者不是非常在意区块链的性能时，在共享供应链中 DAPP 模式优势并不明显，因此自建链模式下共享平台的利润最高。当消费者对区块链性能的敏感系数较大时，消费者对区块链性能的在意程度变大，企业投资区块链的优势体现出来。而 DAPP 模式区块链开发和维护成本较低，且无需共享平台承担，因此 DAPP 模式下共享平台的利润最高。

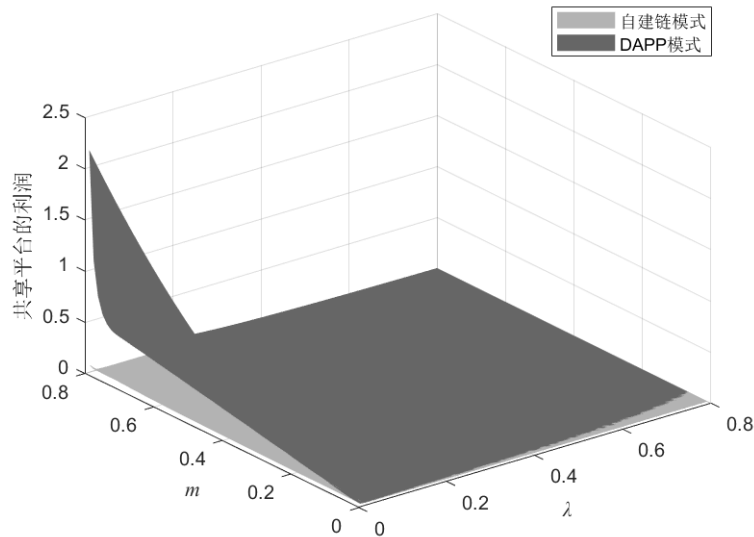


图 4-7 共享平台利润随 m 和 λ 的变化情况

图 4-8 绘制了自建链模式和 DAPP 模式下供应链的利润随 m 和 λ 的变化情况。首先，可以看出，无论是自建链模式还是 DAPP 模式，供应链的利润随消费者对区块链性能的敏感系数增大而提高，而且 DAPP 模式更加显著。这是因为消费者对区块链性能的敏感系数增加，意味着他们更加重视区块链技术所带来的透明度、安全性和可追溯性。这种信任度的提升增强了消费者对供应链上产品的信心，进而提高了他们对产品的支付意愿。为了满足这一市场需求，制造商和共享平台会倾向于提高产品定价，从而增加供应链的整体利润。在 DAPP 模式下，由于消费者往往对基于公有链的 DAPP 表现出更高的信任，这种信任溢价使得 DAPP 模式下的产品定价更高，进而带动了供应链利润的显著提升。相比之下，自建链模式虽然也能通过提升区块链性能来增强消费者信任，但其市场认可度可能不如 DAPP 模式高，因此在提升供应链利润方面稍显逊色。其次，还可以看出，当消费者对区块链性能的敏感系数较大时，DAPP 模式下供应链的利润高于自建链模式下供应链的利润，反之，自建链模式下供应链的利润高于 DAPP 模式下供

供应链的利润。这是因为在消费者对区块链性能要求较高的情况下，DAPP 模式凭借其基于公有链的广泛认可度和透明度优势，能够更好地满足市场需求，从而设定更高的产品定价，提升供应链的整体利润。然而，当消费者对区块链性能的要求不是特别高时，自建链模式凭借其高度的灵活性和可定制性，能够根据供应链的具体需求进行个性化设计和优化。这有助于降低运营成本，提高供应链效率，从而在成本控制和性能优化方面取得优势，进而提升供应链利润。

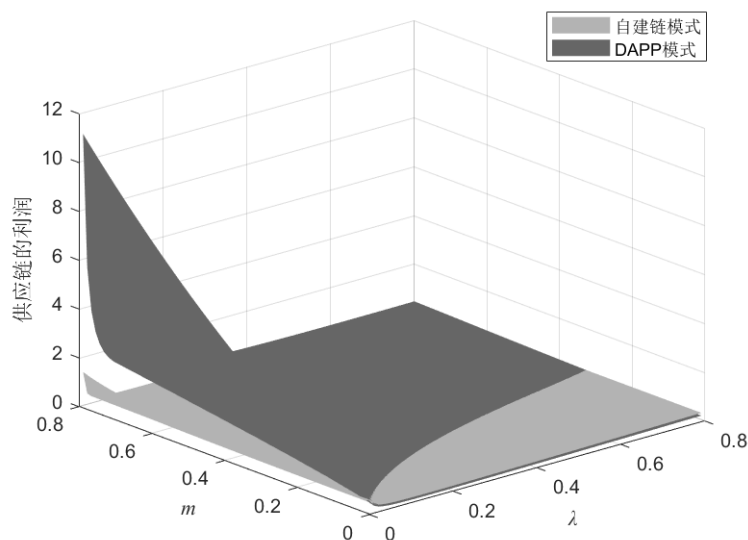


图 4-8 供应链的利润随 m 和 λ 变化情况

4.5 本章小结

本章聚焦于不同区块链开发方式下共享供应链的决策问题，通过构建基于自建链和 DAPP 的共享供应链决策模型，深入探讨了这两种区块链开发模式对共享供应链决策的影响及其优劣势。

本章首先介绍了研究背景与动机，指出在区块链技术日益成熟的背景下，企业面临着选择自建链还是基于现有区块链平台开发 DAPP 的决策难题。随后，本章详细描述了自建链和 DAPP 两种开发方式的特点及其适用场景，为后续模型构建和分析奠定了理论基础。

在模型构建部分，本章分别构建了基于自建链和 DAPP 的共享供应链决策模型，考虑了消费者效用、市场需求、成本结构等多个因素，通过数学推导得出了最优决策结果。通过对比分析，本章揭示了自建链和 DAPP 两种开发方式在区块

链性能、可控性、成本、消费者信任等方面的优劣势。具体而言，自建链模式能够根据企业需求提供高度定制化的服务，但成本高昂且开发难度较大；而 DAPP 模式则基于现有区块链平台开发，成本较低且开发过程简便，更受消费者信赖。

本章的主要结论如下：首先，在区块链性能较低时，自建链模式因其定制化优势可能在某些方面优于 DAPP 模式；但随着区块链技术的不断发展，DAPP 模式的性能逐步提升，其在降低成本、提升用户体验和信任度方面的优势逐渐显现。其次，成本分担比例对两种开发方式下的供应链利润均有显著影响，企业需根据自身实际情况和需求进行权衡。最后，通过数值分析验证了模型的有效性，并深入探讨了关键参数对最优决策结果的影响。

本章的研究结论为企业管理实践提供了重要的启示。首先，企业在选择区块链开发方式时，应综合考虑技术成本、市场需求、消费者信任度等多个因素，选择最适合自身发展的模式。其次，企业应积极探索区块链技术在共享供应链中的应用，通过提升供应链透明度和效率，增强消费者信任，实现利润最大化。最后，政府和相关机构也应加强对区块链技术的监管和引导，推动区块链技术在共享经济中的广泛应用，促进共享经济的健康、可持续发展。

第 5 章 不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策研究

本章研究不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策问题,通过构建转让模式下基于自建链的共享供应链决策模型、转让模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型、代理模式下基于自建链的共享供应链决策模型和代理模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型,并对最优结果进行对比和敏感性分析,重点探讨基于区块链技术的共享供应链应该选择哪种商业模式。

5.1 模型描述与假设

根据第 3 章和第 4 章的研究,发现区块链技术的引入在多数情况下对提升共享供应链利润具有显著的正面效应。区块链技术的开发方式主要分为自建链和 DAPP,为供应链的透明性和效率提供了强大的技术支持。然而,在共享供应链中,制造商与共享平台之间的商业模式选择,尤其是转让模式和代理模式,显示出明显的运营策略差异。转让模式与代理模式的主要差异在于产品所有权的转移。在转让模式中,制造商将产品所有权移交给共享平台,后者承担后续的运营和管理责任。相对地,在代理模式下,制造商保留产品所有权,而共享平台作为代理商负责市场推广和服务提供。

本章在前期研究的基础上,进一步探讨转让模式和代理模式下基于区块链技术的共享供应链决策问题。本章将重点围绕以下几个核心问题展开:

首先,转让模式下基于区块链技术的共享供应链决策模型和代理模式基于区块链的技术共享供应链决策模型有何区别?

其次,关键参数如消费者对区块链性能的敏感系数、共享产品的价值折扣、消费者的信任系数、成本分担比例等对最优结果有何影响?

最后,分析基于区块链技术的共享供应链应选择的商业模式及其适用条件。基于区块链技术的共享供应链应该选择哪种商业模式,何种模式下共享供应链各方面表现更佳?

5.1.1 模型描述

本章针对由制造商、共享平台及消费者所构成的共享供应链进行深入研究。研究的基础架构如图 5-1 所示，清晰地描绘了供应链中的各个组成部分及其相互关系。在此体系内，制造商与共享平台间的合作呈现出商业模式：转让模式与代理模式。在转让模式中，制造商首先将产品批发给共享平台，随后，共享平台负责将这些产品提供给消费者进行共享。此模式下，产品的所有权及运营风险由制造商转移至共享平台。相对地，在代理模式中，制造商直接通过共享平台将产品共享给消费者，并根据约定向共享平台支付一定比例的共享收入。这种模式下，制造商保留了产品的所有权，同时借助共享平台的市场推广和服务能力，实现产品的广泛共享。

为了更深入地了解这两种模式在运营决策上的差异，本章分别构建了四种决策模型：转让模式下基于自建链的共享供应链决策模型、转让模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型、代理模式下基于自建链的共享供应链决策模型，以及代理模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型。通过这些模型的构建与分析，能够揭示不同模式下供应链各方的最优决策策略，以及区块链技术（无论是自建链还是 DAPP）如何影响这些决策。

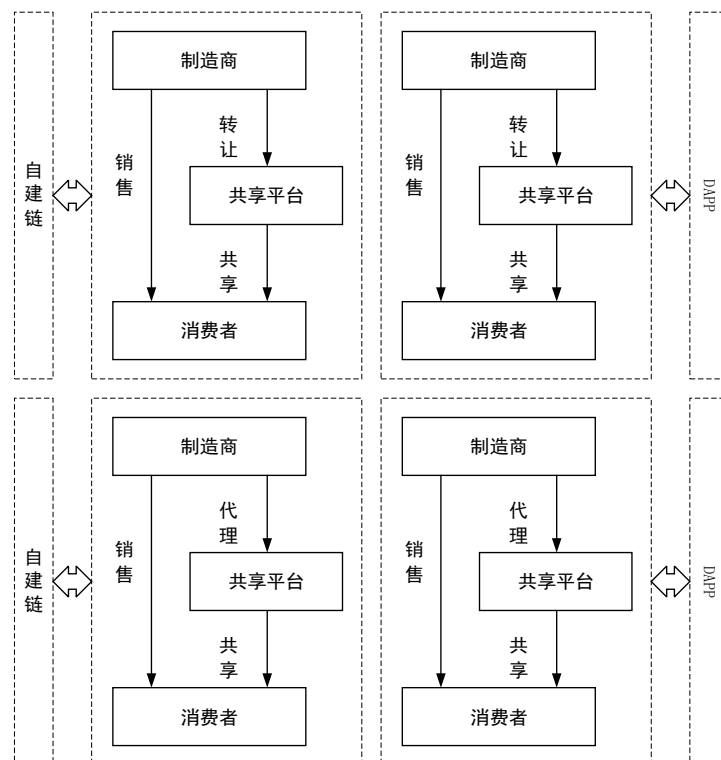


图 5-1 不同商业模式下共享供应链结构

5.1.2 假设与符号说明

本章大部分的假设与前文基本假设一致，以下仅对重要的假设进行重述。

(1) 采用自建链情形下，消费者购买产品的效用函数为

$$U_b = \beta_2 v + md_M - p_b, \quad (4-1)$$

自建链模式下，消费者共享产品的效用函数为

$$U_r = \lambda \beta_2 v + md_M - p_r. \quad (4-2)$$

采用 DAPP 情形下，消费者购买产品的效用函数为

$$U_b = v + md_T - p_b, \quad (4-3)$$

采用 DAPP 情形下，消费者共享产品的效用函数为

$$U_r = \lambda v + md_T - p_r. \quad (4-4)$$

(2) 市场需求。采用自建链情形下，消费者对产品的购买需求为

$$D_b^{MB} = 1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2}, \text{ 消费者对产品的共享需求为 } D_r^{MB} = \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2}; \text{ 采}$$

用 DAPP 情形下，消费者对产品的购买需求为 $D_b^{TB} = 1 - \frac{p_b - p_r}{1-\lambda}$ ，消费者对产品的

$$\text{共享需求为 } D_r^{TB} = \frac{p_b - p_r}{1-\lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda}.$$

(3) 转让模式和代理模式的区别。在共享供应链中，转让模式和代理模式是两种截然不同的商业合作模式，它们在运营方式和收益分配上有着显著的差异。在转让模式下，制造商和共享平台之间的交易更为直接。制造商以价格 p_b 将产品转让给共享平台，这一过程中，产品的所有权由制造商转移到共享平台。随后，共享平台以价格 p_r 将这些产品共享给消费者。在这种模式下，制造商通过一次性转让获得收益，而后续的产品运营和市场推广则主要由共享平台承担。相比之下，代理模式则呈现出不同的特点。在代理模式下，制造商直接通过共享平台以价格 p_r 将产品共享给消费者，但制造商仍然保留产品的所有权。制造商根据事先的约定，向共享平台支付一定比例的共享收入作为报酬。这种模式下，制造商与共享平台的合作更为紧密，共享平台负责市场推广和服务提供。

(4) 成本分担契约。在第 3 章和第 4 章的研究中，明确指出无论是自建链还是 DAPP 模式，区块链的开发成本均由制造商独家承担。然而，为了深入探究

制造商与共享平台之间是否能够通过更紧密的合作实现更大的效益,本章引入了成本分担契约。具体而言,共享平台将承担比例为 ρ 的区块链开发成本。这一策略的调整,不仅有助于缓解制造商的经济压力,更能促进双方之间的深度合作与资源共享。通过成本分担,共享平台对项目的投入和关注度将得到提升,从而可能带来更优质的服务和创新。同时,制造商也能从中受益,专注于核心技术的研发,提升整体竞争力。

表 5-1 参数符号及含义

符号	含义
c	单位成本
c_i	单位交互成本
p_b	单位产品的零售价格
w	单位产品的转让价格
p_r	单位产品的共享价格
d_M 、 d_T	区块链的性能
v	消费者对产品的估值
λ	相对于购买产品,共享产品的价值折扣, $0 < \lambda \leq 1$
β_2	消费者的信任系数, $0 < \beta_2 < 1$
m	消费者对区块链性能的敏感系数
s	单位产品的残值
k	区块链开发和维护的成本系数
ρ	开发和维护区块链成本的分担比例
γ	佣金率
G	DAPP 模式下,区块链开发和维护成本
D_b^{MB}	自建链模式下,产品的零售需求
D_r^{MB}	自建链模式下,产品的共享需求
D_b^{TB}	DAPP 模式下,产品的零售需求
D_r^{TB}	DAPP 模式下,产品的共享需求
π_m	制造商的利润
π_p	共享平台的利润

5.2 转让模式下共享供应链决策模型

5.2.1 转让模式下基于自建链的共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述,可知,制造商开发和维护的自建链情形下,制造商的利润函数为

$$\begin{aligned}\pi_m^{W-MB} &= p_b D_b^{MB} + w D_r^{MB} - c(D_r^{MB} + D_b^{MB}) - \frac{1}{2}(1-\rho)k d_M^2 \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2}\right) + w \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - m d_M}{\lambda\beta_2}\right) - c \left(1 - \frac{p_r - m d_M}{\lambda\beta_2}\right) - \frac{1}{2}(1-\rho)k d_M^2,\end{aligned}\quad (5-1)$$

其中, $p_b D_b^{MB}$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入, $w D_r^{MB}$ 为制造商将产品转让给共享平台获取的收入, $c(D_r^{MB} + D_b^{MB})$ 为制造商的生产成本, $\frac{1}{2}(1-\rho)k d_M^2$ 为制造商所承担的自建链开发和维护成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned}\pi_p^{W-MB} &= p_r D_r^{MB} - w D_r^{MB} + s D_r^{MB} - \frac{1}{2}\rho k d_M^2 \\ &= (p_r - w + s) \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - m d_M}{\lambda\beta_2}\right) - \frac{1}{2}\rho k d_M^2,\end{aligned}\quad (5-2)$$

其中, $p_r D_r^{MB}$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入, $w D_r^{MB}$ 为共享平台向制造商购买产品的成本, $s D_r^{MB}$ 为共享完成后,产品的剩余价值, $\frac{1}{2}\rho k d_M^2$ 为共享平台所承担的自建链开发和维护成本。

定理 5 基于自建链的共享供应链的最优零售价格为

$$p_b^{W-MB*} = \frac{\beta_2 + c}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (5-3)$$

最优转让价格为

$$w^{W-MB*} = \frac{\lambda\beta_2 + c + s}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2 k)}, \quad (5-4)$$

最优区块链的性能为

$$d_M^{W-MB*} = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2 k}, \quad (5-5)$$

和最优共享价格为

$$p_r^{W-MB*} = \frac{c + \lambda c - s + 2\lambda\beta_2}{4} + \frac{(3-\lambda)m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{4(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k)} \quad (5-6)$$

其中, $\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k < 0$ 。

定理 5 证明: 根据逆向求解法, 由于共享平台的利润函数为

$$\pi_p^{W-MB} = (p_r - w) \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) + s \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) - \frac{1}{2} \rho k d_M^2 \quad (5-7)$$

因为 $\frac{\partial^2 \pi_p^{W-MB}}{\partial p_r^2} < 0$, 所以令 $\frac{\partial \pi_p^{W-MB}}{\partial p_r} = 0$ 求得

$$p_r = \frac{w + md_M + \lambda p_b - s - \lambda md_M}{2} \quad (5-8)$$

将 p_r 代入制造商的利润函数中, 可求得 π_m^{MB} 关于 p_b 、 w 和 d_M 的海瑟矩阵

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial p_b^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial p_b \partial w} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial p_b \partial d_M} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial w \partial p_b} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial w^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial w \partial d_M} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial d_M \partial p_b} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial d_M \partial w} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-MB}}{\partial d_M^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda-2}{(1-\lambda)\beta_2} & \frac{1}{(1-\lambda)\beta_2} & \frac{m}{2\beta_2} \\ \frac{1}{(1-\lambda)\beta_2} & \frac{1}{\lambda(\lambda-1)\beta_2} & \frac{m}{2\lambda\beta_2} \\ \frac{m}{2\beta_2} & \frac{m}{2\lambda\beta_2} & (\rho-1)k \end{bmatrix} \quad (5-9)$$

共享平台的利润函数关于产品共享价格的二阶导数为负。因为 $0 < \lambda < 1$, 所以

$$\frac{\lambda-2}{(1-\lambda)\beta_2} < 0, \text{ 二阶顺序主子式 } \frac{2}{\lambda(1-\lambda)\beta_2^2} > 0, \text{ 当三阶顺序主子式}$$

$$\frac{(1-\lambda)(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k)}{2\lambda^2(1-\lambda)^2\beta_2^3} < 0, \text{ 即 } \lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k < 0 \text{ 时, 海}$$

瑟矩阵负定, 存在最优零售价格和转让价格使得制造商利润最大。令 $\frac{\partial \pi_m^{W-MB}}{\partial p_b} = 0$,

$$\frac{\partial \pi_m^{W-MB}}{\partial w} = 0, \frac{\partial \pi_m^{W-MB}}{\partial d_M} = 0 \text{ 联立方程可得产品的最优转让价格和最优销售价格分别}$$

为

$$w^{W-MB*} = \frac{\lambda\beta_2 + c + s}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k)} \quad (5-10)$$

$$p_b^{W-MB*} = \frac{\beta_2 + c}{2} + \frac{m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{2(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k)}, \quad (5-11)$$

$$d_M^{W-MB*} = \frac{m(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k}。 \quad (5-12)$$

将 w^{W-MB*} 、 p_b^{W-MB*} 和 d_M^{W-MB*} 代入 $p_r = \frac{w + md_M + \lambda p_b - s - \lambda md_M}{2}$ 中, 可得

$$p_r^{W-MB*} = \frac{c + \lambda c - s + 2\lambda\beta_2}{4} + \frac{(3 - \lambda)m^2(c + \lambda c - s - 2\lambda\beta_2)}{4(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2k)}。 \quad (5-13)$$

5.2.2 转让模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述, 可知, 制造商基于已有区块链开发并维护 DAPP 情形下, 制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m^{W-TB} &= p_b D_b^{TB} + w D_r^{TB} - c_i (D_b^{TB} + D_r^{TB}) - c (D_b^{TB} + D_r^{TB}) - (1 - \rho)G \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} \right) + w \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - (c + c_i) \left(1 - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - (1 - \rho)G, \end{aligned} \quad (5-14)$$

其中, $p_b D_b^{TB}$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入, $w D_r^{TB}$ 为制造商将产品转让给共享平台获取的收入, $c_i (D_b^{TB} + D_r^{TB})$ 为制造商所花费的区块链交互成本, 例如调用智能合约、转账和上传信息时产生的费用, $c (D_b^{TB} + D_r^{TB})$ 为制造商的生产成本, $(1 - \rho)G$ 为制造商基于已有区块链开发和维护 DAPP 所承担的成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_p^{W-TB} &= p_r D_r^{TB} - w D_r^{TB} - c_i D_r^{TB} + s D_r^{TB} - \rho G \\ &= (p_r - w - c_i + s) \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - \rho G, \end{aligned} \quad (5-15)$$

其中, $p_r D_r^{TB}$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入, $w D_r^{TB}$ 为共享平台向制造商购买产品的成本, $c_i D_r^{TB}$ 为共享平台所花费的区块链交互成本, 例如调用智能合约、转账和上传信息时产生的费用, $s D_r^{TB}$ 为共享完成后, 产品的剩余价值, ρG 为共享平台基于已有区块链开发和维护 DAPP 所承担的成本。

定理 6 基于 DAPP 的共享供应链的最优零售价格为

$$p_b^{W-TB*} = \frac{c + c_i + md_T + 1}{2}, \quad (5-16)$$

最优转让价格为

$$w^{W-TB*} = \frac{c + \lambda + s + md_T}{2}, \quad (5-17)$$

和最优共享价格为

$$p_r^{W-TB*} = \frac{c + 2c_i + 2\lambda + \lambda c + \lambda c_i - s + (3 - \lambda)md_T}{4}. \quad (5-18)$$

定理 6 证明：根据逆向求解法，由于共享平台的利润函数为

$$\pi_p^{W-TB} = (p_r - w - c_i) \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) + s \left(\frac{p_b - p_r}{1 - \lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right), \quad (5-19)$$

因为 $\frac{\partial^2 \pi_p^{W-TB}}{\partial p_r^2} < 0$ ，所以令 $\frac{\partial \pi_p^{W-TB}}{\partial p_r} = 0$ 求得

$$p_r^W = \frac{w + c_i + md_T + \lambda p_b - s - \lambda md_T}{2}, \quad (5-20)$$

将 p_r 代入制造商的利润函数中，可求得 π_m^{TB} 关于 p_b 和 w 的海瑟矩阵

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_m^{W-TB}}{\partial p_b^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-TB}}{\partial p_b \partial w} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^{W-TB}}{\partial w \partial p_b} & \frac{\partial^2 \pi_m^{W-TB}}{\partial w^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda - 2}{1 - \lambda} & \frac{1}{1 - \lambda} \\ \frac{1}{1 - \lambda} & \frac{1}{\lambda(\lambda - 1)} \end{bmatrix}, \quad (5-21)$$

共享平台的利润函数关于产品共享价格的二阶导数为负。因为 $0 < \lambda < 1$ ，所以

$\frac{\lambda - 2}{1 - \lambda} < 0$ ，二阶顺序主子式 $\frac{2}{\lambda(1 - \lambda)} > 0$ ，因此，海瑟矩阵负定，存在最优零售价

格和转让价格使得制造商利润最大。令 $\frac{\partial \pi_m^{W-TB}}{\partial p_b} = 0$ ， $\frac{\partial \pi_m^{W-TB}}{\partial w} = 0$ 联立方程可得产

品的最优转让价格和最优销售价格分别为

$$w^{W-TB*} = \frac{c + \lambda + s + md_T}{2}, \quad (5-22)$$

$$p_b^{W-TB*} = \frac{c + c_i + md_T + 1}{2}, \quad (5-23)$$

将 w^{W-TB*} 和 p_b^{W-TB*} 代入 $p_r = \frac{w + c_i + md_T + \lambda p_b - s - \lambda md_T}{2}$ 中，可得

$$p_r^{W-TB*} = \frac{c + 2c_i + 2\lambda + \lambda c + \lambda c_i - s + (3 - \lambda)md_r}{4}。 \quad (5-24)$$

5.3 代理模式下共享供应链决策模型

5.3.1 代理模式下基于自建链的共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述,可知自建链模式下,制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m^{A-MB} &= p_b D_b^{MB} + (1 - \gamma) p_r D_r^{MB} + s D_r^{MB} - c(D_b^{MB} + D_r^{MB}) - \frac{1}{2}(1 - \rho)k d_M^2 \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{(1 - \lambda)\beta_2} \right) + ((1 - \gamma)p_r + s) \left(\frac{p_b - p_r}{(1 - \lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) - \\ &\quad c \left(1 - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) - \frac{1}{2}(1 - \rho)k d_M^2 \end{aligned} \quad (5-25)$$

其中, $p_b D_b^{MB}$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入, $(1 - \gamma)p_r D_r^{MB}$ 为制造商通过共享平台共享产品获取的收入, $s D_r^{MB}$ 为共享完成后,产品的剩余价值, $c(D_b^{MB} + D_r^{MB})$ 为制造商的生产成本, $\frac{1}{2}(1 - \rho)k d_M^2$ 为制造商所承担的自建链开发和维护成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_p^{A-MB} &= \gamma p_r D_r^{MB} - \frac{1}{2}\rho k d_M^2 \\ &= \gamma p_r \left(\frac{p_b - p_r}{(1 - \lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) - \frac{1}{2}\rho k d_M^2, \end{aligned} \quad (5-26)$$

其中, $\gamma p_r D_r^{MB}$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入, $\frac{1}{2}\rho k d_M^2$ 为共享平台所承担的自建链开发和维护成本。

定理 7 基于自建链的共享供应链的最优零售价格为

$$\begin{aligned} p_b^{A-MB*} &= \frac{(\lambda c - s - 2\lambda\beta_2)(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2 k) + m^2(3s + 4\beta_2\gamma + 4\gamma c)}{2m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + 2\lambda\beta_2 k(8 + 2\lambda\gamma + 6\lambda\rho - 2\lambda\gamma\rho - 8\rho - 6\lambda)}, \end{aligned} \quad (5-27)$$

最优区块链的性能为

$$d_M^{A-MB*} = \frac{m(4s + \lambda c + \lambda^2 c + 4\lambda\beta_2 + 2\lambda^2\gamma\beta_2 - 4c - \lambda s - 4\lambda^2\beta_2 - 2\lambda\gamma\beta_2 - 2\lambda\gamma c)}{m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + 2\lambda\beta_2 k(4 + \lambda\gamma + 3\lambda\rho - \lambda\gamma\rho - 4\rho - 3\lambda)}, \quad (5-28)$$

和最优共享价格为

$$p_r^{A-MB*} = \frac{\lambda(\lambda c - c - s - 2\beta_2 + 2\lambda\beta_2)(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2 k) + m^2(9s + 2\lambda^3\beta_2 + 4\lambda^2 c + 6\lambda\beta_2 + 5\lambda c - 8\lambda^2\beta_2 - 8c - 7\lambda s - \lambda^3 c)}{m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + 2\lambda\beta_2 k(4 + \lambda\gamma + 3\lambda\rho - \lambda\gamma\rho - 4\rho - 3\lambda)}. \quad (5-29)$$

定理 7 证明：根据逆向求解法，由于共享平台的利润函数为

$$\pi_p^{A-MB} = \gamma p_r \left(\frac{p_b - p_r}{(1-\lambda)\beta_2} - \frac{p_r - md_M}{\lambda\beta_2} \right) - \frac{1}{2} \rho k d_M^2, \quad (5-30)$$

因为 $\frac{\partial^2 \pi_p^{A-MB}}{\partial p_r^2} < 0$ ，所以令 $\frac{\partial \pi_p^{A-MB}}{\partial p_r} = 0$ 求得

$$p_r = \frac{md_M + \lambda p_b - \lambda md_M}{2}, \quad (5-31)$$

将 p_r 代入制造商的利润函数中，可求得 π_m^{MB} 关于 p_b 和 d_M 的海瑟矩阵

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_m^{A-MB}}{\partial p_b^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^{A-MB}}{\partial p_b \partial d_M} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^{A-MB}}{\partial d_M \partial p_b} & \frac{\partial^2 \pi_m^{A-MB}}{\partial d_M^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\gamma\lambda - 3\lambda + 4}{2\beta_2(\lambda - 1)} & \frac{m(2 - \gamma)}{2\beta_2} \\ \frac{m(2 - \gamma)}{2\beta_2} & \frac{m^2(1 + \gamma\lambda - \gamma - \lambda) - 2\lambda\beta_2 k(1 - \rho)}{2\lambda\beta_2} \end{bmatrix}, \quad (5-32)$$

共享平台的利润函数关于产品共享价格的二阶导数为负。因为 $0 < \lambda < 1$ ，所以

$$\frac{\gamma\lambda - 3\lambda + 4}{2\beta_2(\lambda - 1)} < 0, \text{ 当二阶顺序主子式 } \frac{m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + 2\lambda\beta_2 k(4 + \lambda\gamma + 3\lambda\rho - \lambda\gamma\rho - 4\rho - 3\lambda)}{2\beta_2^2 \lambda(1 - \lambda)} < 0, \text{ 即}$$

$m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + \lambda\beta_2 k(8 + 2\lambda\gamma + 6\lambda\rho - 2\lambda\gamma\rho - 8\rho - 6\lambda) < 0$ 时，海瑟矩阵

负定，存在最优零售价格和最优区块链的性能使得制造商利润最大。令

$$\frac{\partial \pi_m^{A-MB}}{\partial p_b} = 0, \quad \frac{\partial \pi_m^{A-MB}}{\partial d_M} = 0 \text{ 联立方程可得产品的最优销售价格和最优区块链的性能}$$

分别为

$$p_b^{A-MB*} = \frac{(\lambda c - s - 2\lambda\beta_2)(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2 k) + m^2(3s + 4\beta_2\gamma + 4\gamma c + 10\lambda\beta_2 + 4\lambda c - 5c - 4\beta_2 - \lambda s - 8\lambda\gamma\beta_2 - 4\lambda\gamma c + \lambda^2 c + 4\lambda^2\gamma\beta_2 - 2\lambda^2\beta_2)}{2m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + 2\lambda\beta_2 k(8 + 2\lambda\gamma + 6\lambda\rho - 2\lambda\gamma\rho - 8\rho - 6\lambda)} \quad (5-33)$$

$$d_M^{A-MB*} = \frac{m(4s - 4c + \lambda c + 4\lambda\beta_2 s - 2\lambda\gamma\beta_2 - 2\lambda\gamma c + \lambda^2 c + 2\lambda^2\gamma\beta_2 - 4\lambda^2\beta_2)}{m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + \lambda\beta_2 k(8 + 2\lambda\gamma + 6\lambda\rho - 2\lambda\gamma\rho - 8\rho - 6\lambda)} \quad (5-34)$$

将 p_b^{A-MB*} 和 d_M^{A-MB*} 代入 $p_r = \frac{md_M + \lambda p_b - \lambda md_M}{2}$ 中, 可得

$$p_r^{A-MB*} = \frac{\lambda(\lambda c - c - s - 2\beta_2 + 2\lambda\beta_2)(\lambda m^2 + m^2 + 4\lambda\beta_2\rho k - 4\lambda\beta_2 k) + m^2(9s + 2\lambda^3\beta_2 + 4\lambda^2 c + 6\lambda\beta_2 + 5\lambda c - 8\lambda^2\beta_2 - 8c - 7\lambda s - \lambda^3 c)}{m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + 2\lambda\beta_2 k(4 + \lambda\gamma + 3\lambda\rho - \lambda\gamma\rho - 4\rho - 3\lambda)} \quad (5-35)$$

其中, $m^2(4\gamma + 3\lambda + \lambda^2 - 4 - 4\lambda\gamma) + \lambda\beta_2 k(8 + 2\lambda\gamma + 6\lambda\rho - 2\lambda\gamma\rho - 8\rho - 6\lambda) < 0$ 。

5.3.2 代理模式下基于 DAPP 的共享供应链决策模型

根据前文中关于市场需求的描述, 可知 DAPP 模式下, 制造商的利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_m^{A-TB} &= p_b D_b^{TB} + (1-\gamma)p_r D_r^{TB} + sD_r^{TB} - c_i(D_b^{TB} + D_r^{TB}) - c(D_b^{TB} + D_r^{TB}) - (1-\rho)G \\ &= p_b \left(1 - \frac{p_b - p_r}{1-\lambda}\right) + ((1-\gamma)p_r + s) \left(\frac{p_b - p_r}{1-\lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda}\right) - \\ &\quad (c + c_i) \left(1 - \frac{p_r - md_T}{\lambda}\right) - (1-\rho)G \end{aligned} \quad (5-36)$$

其中, $p_b D_b^{TB}$ 为制造商将产品销售给消费者获取的收入, $(1-\gamma)p_r D_r^{TB}$ 为制造商通过共享平台共享产品获取的收入, sD_r^{TB} 为共享完成后, 产品的剩余价值, $c_i(D_b^{TB} + D_r^{TB})$ 为制造商所花费的区块链交互成本, 例如调用智能合约、转账和上传信息时产生的费用, $c(D_b^{TB} + D_r^{TB})$ 为制造商的生产成本, $(1-\rho)G$ 为制造商基于已有区块链开发和维护 DAPP 所承担的成本。

共享平台的利润函数为

$$\begin{aligned}\pi_p^{A-TB} &= \gamma p_r D_r^{TB} - c_i D_r^{TB} - \rho G \\ &= (\gamma p_r - c_i) \left(\frac{p_b - p_r}{1-\lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - \rho G,\end{aligned}\quad (5-37)$$

其中, $\gamma p_r D_r^{TB}$ 为共享平台将产品共享给消费者获取的收入, $c_i D_r^{TB}$ 为共享平台所花费的区块链交互成本, 例如调用智能合约、转账和上传信息时产生的费用, ρG 为制造商基于已有区块链开发和维护 DAPP 所承担的成本。

定理 8 基于自建链的共享供应链的最优零售价格为

$$p_b^{A-TB*} = \frac{c_i + \gamma(2+c+c_i+s-2\lambda-\lambda c-\lambda c_i) + md_T(2\gamma+\gamma^2\lambda-\gamma^2-2\gamma\lambda)}{\gamma(\gamma\lambda-3\lambda+4)}, \quad (5-38)$$

和最优共享价格为

$$p_r^{A-TB*} = \frac{4c_i - 2\lambda c_i + \gamma\lambda(2+c+2c_i+s) - \gamma\lambda^2(2+c+c_i) + \gamma md_T(4+\lambda^2-5\lambda)}{2\gamma(\gamma\lambda-3\lambda+4)}, \quad (5-39)$$

其中, $\gamma\lambda-3\lambda+4 > 0$ 。

定理 8 证明: 根据逆向求解法, 由于共享平台的利润函数为

$$\pi_p^{A-TB} = \gamma p_r \left(\frac{p_b - p_r}{1-\lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - c_i \left(\frac{p_b - p_r}{1-\lambda} - \frac{p_r - md_T}{\lambda} \right) - \rho G, \quad (5-40)$$

因为 $\frac{\partial^2 \pi_p^{A-TB}}{\partial p_r^2} < 0$, 所以令 $\frac{\partial \pi_p^{A-TB}}{\partial p_r} = 0$ 求得

$$p_r = \frac{c_i + \gamma md_T + \gamma\lambda p_b - \gamma\lambda md_T}{2\gamma}, \quad (5-41)$$

将 p_r 代入制造商的利润函数中, 可求得 π_m^{TB} 关于 p_b 导数, 因为

$$\frac{\partial^2 \pi_m^{A-TB}}{\partial p_b^2} = \frac{\gamma\lambda-3\lambda+4}{2(\lambda-1)} < 0, \text{ 即 } \gamma\lambda-3\lambda+4 > 0, \text{ 所以令 } \frac{\partial \pi_m^{A-TB}}{\partial p_b} = 0 \text{ 求得}$$

$$p_b^{A-TB*} = \frac{c_i + \gamma(2+c+c_i+s-2\lambda-\lambda c-\lambda c_i) + md_T(2\gamma+\gamma^2\lambda-\gamma^2-2\gamma\lambda)}{\gamma(\gamma\lambda-3\lambda+4)}. \quad (5-42)$$

将 p_b^{A-TB*} 代入 $p_r = \frac{c_i + \gamma md_T + \gamma\lambda p_b^A - \gamma\lambda md_T}{2\gamma}$ 中, 可得

$$p_r^{A-TB*} = \frac{4c_i - 2\lambda c_i + \gamma\lambda(2+c+2c_i+s) - \gamma\lambda^2(2+c+c_i) + \gamma m d_T(4+\lambda^2-5\lambda)}{2\gamma(\gamma\lambda-3\lambda+4)}。$$

(5-43)

5.4 解析分析

推论 9 基于 DAPP 模式, 产品零售价格和共享价格分别在转让模式与代理模式下的关系:

$$(1) \text{ 令 } d_{T4} = \frac{2c_i - \gamma(2c+2c_i+\lambda-2s) - \gamma\lambda(\gamma c + \gamma c_i - c - c_i)}{\gamma m(2\gamma + \lambda - \gamma\lambda)}, \text{ 当 } 0 < d_T \leq d_{T4} \text{ 时,}$$

$$p_b^{W-TB} \leq p_b^{A-TB}; \text{ 当 } d_{T4} < d_T < 1 \text{ 时, } p_b^{W-TB} > p_b^{A-TB}。$$

$$(2) \text{ 令 } d_{T5} = \frac{8c_i - 4\lambda c_i - 4\gamma(c+2c_i+\lambda-s) - \gamma\lambda(2\gamma\lambda + \gamma\lambda c + \gamma\lambda c_i + s + \gamma c + 2\gamma c_i - c - 6c_i - 2\lambda - \lambda c - \gamma s - \lambda c_i)}{\gamma m(4-3\lambda+\lambda^2+3\gamma\lambda-\gamma\lambda^2)}, \text{ 当}$$

$$0 < d_T \leq d_{T5} \text{ 时, } p_r^{W-TB} \leq p_r^{A-TB}; \text{ 当 } d_{T5} < d_T < 1 \text{ 时, } p_r^{W-TB} > p_r^{A-TB}。$$

推论 9 证明:

$$(1) \Delta p_b = p_b^{W-TB} - p_b^{A-TB}, \text{ 当 } \Delta p_b = 0 \text{ 时,}$$

$$d_{T4} = \frac{2c_i - \gamma(2c+2c_i+\lambda-2s) - \gamma\lambda(\gamma c + \gamma c_i - c - c_i)}{\gamma m(2\gamma + \lambda - \gamma\lambda)}。 \text{ 由于 } \frac{\partial \Delta p_b}{\partial d_T} = \frac{m(2\gamma + \lambda - \gamma\lambda)}{2(\gamma\lambda - 3\lambda + 4)} > 0,$$

所以, 当 $0 < d_T \leq d_{T4}$ 时, $\Delta p_b \leq 0$, 即 $p_b^{W-TB} \leq p_b^{A-TB}$; 当 $d_{T4} < d_T < 1$ 时, $\Delta p_b > 0$,

即 $p_b^{W-TB} > p_b^{A-TB}$ 。

$$(2) \Delta p_r = p_r^{W-TB} - p_r^{A-TB}, \text{ 当 } \Delta p_r = 0 \text{ 时,}$$

$$d_{T5} = \frac{8c_i - 4\lambda c_i - 4\gamma(c+2c_i+\lambda-s) - \gamma\lambda(2\gamma\lambda + \gamma\lambda c + \gamma\lambda c_i + s + \gamma c + 2\gamma c_i - c - 6c_i - 2\lambda - \lambda c - \gamma s - \lambda c_i)}{\gamma m(4-3\lambda+\lambda^2+3\gamma\lambda-\gamma\lambda^2)}。 \text{ 由于}$$

$$\frac{\partial \Delta p_r}{\partial d_T} = \frac{m(4-3\lambda+\lambda^2+3\gamma\lambda-\gamma\lambda^2)}{4(\gamma\lambda-3\lambda+4)} > 0, \text{ 所以, 当 } 0 < d_T \leq d_{T5} \text{ 时, } \Delta p_r \leq 0, \text{ 即}$$

$$p_r^{W-TB} \leq p_r^{A-TB}; \text{ 当 } d_{T5} < d_T < 1 \text{ 时, } \Delta p_r > 0, \text{ 即 } p_r^{W-TB} > p_r^{A-TB}。$$

推论 9 揭示了 DAPP 模式下产品的零售价格和共享价格与区块链链性能的关系

系。当 DAPP 模式区块链性能较低时，代理模式下产品的零售价格和共享价格均高于转让模式下产品的零售价格和共享价格。这是因为区块链性能不足导致交易处理速度慢、成本高，代理模式需承担更多技术风险和运营成本，这些成本最终转嫁到消费者身上；同时，转让模式因直接交易、量大从优，能有效降低成本，价格自然较低。因此，在区块链性能受限的情况下，代理模式的成本结构决定了其价格优势不如转让模式。当 DAPP 模式区块链性能较高时，转让模式下产品的零售价格和共享价格均高于代理模式下产品的零售价格和共享价格。这是因为高性能区块链使得交易处理迅速且成本低廉，代理模式能更高效地管理库存、优化物流，并通过规模效应降低成本，从而在价格上获得优势；而转让模式虽直接面向商家，但可能因缺乏代理模式的中间优化环节，导致在零售和共享市场上的价格竞争力不如代理模式。

5.5 数值分析

本节主要目的是通过分析关键参数对最优结果的影响，并对比转让模式和代理模式下最优结果的区别，来探究在区块链技术的支持下，共享供应链应如何选择最合适的商业模式，以最大化其运营效益。根据文献^[58-59]，假设 $c = 0.01$, $c = 0.01$, $s = 0.05$, $k = 40$, $c_i = 0.004$, $\beta_1 = 0.3$, $\beta_2 = 0.7$, $d_T = 0.7$, $G = 0.15$, $\rho = 0.2$, $\gamma = 0.4$ 。

5.5.1 关键参数对区块链性能策略的影响和对比分析

图 5-2 展示了区块链性能随成本分担比例的变化情况，揭示了自建链与 DAPP 模式下成本分担比例对区块链性能的不同影响。首先，对于自建链情形，无论是转让模式还是代理模式，区块链性能均随着成本分担比例的增高而显著增高。这是因为自建链的性能与其开发和维护成本直接相关。当制造商的区块链成本由共享平台分担一部分时，成本分担比例的增加意味着有更多的资源被投入到区块链的建设中，从而能够提升区块链的系统处理能力、安全性和可扩展性。这种性能的提升对于确保共享供应链的透明度和效率至关重要。然而，在 DAPP 模式下，区块链性能却与成本分担比例无关。DAPP 是基于公有链平台开发的应

用，其性能主要由公有链的性能决定。公有链的性能是固定的，由整个网络共同维护和升级，因此不受单个企业或平台成本分担比例的影响。这意味着，无论成本分担比例如何变化，DAPP 模式下的区块链性能都保持稳定。进一步，可以发现，在自建链情况下，转让模式下的区块链性能高于代理模式。这是因为转让模式下，制造商将产品所有权转让给共享平台，共享平台需要承担更高的运营责任。为了确保交易的安全性和可靠性，共享平台会更有动力与制造商合作，共同投入资源提升区块链性能。而在代理模式下，制造商保留产品所有权，共享平台主要扮演市场推广和服务的角色，对区块链性能的提升动力相对较小。综上所述，自建链的性能受成本分担比例直接影响，而 DAPP 模式则不受此影响。同时，在自建链情况下，转让模式因共享平台需承担更多责任而倾向于与制造商合作提升区块链性能。

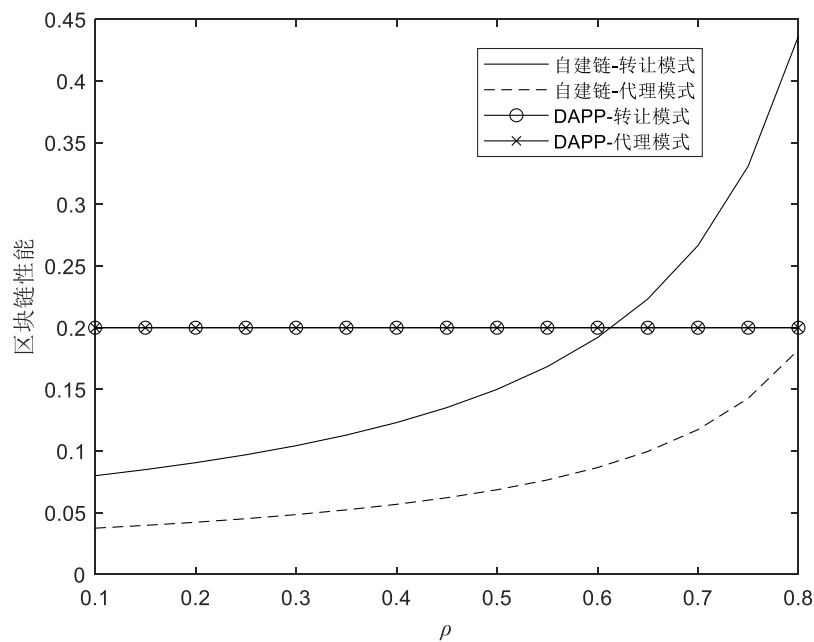


图 5-2 区块链性能随 ρ 的变化情况

5.5.2 关键参数对价格策略的影响和对比分析

图 5-3 描绘了产品转让价格随成本分担比例的变化趋势，揭示了自建链与 DAPP 两种区块链开发方式下成本分担比例对转让价格的不同影响。在自建链情形下，随着成本分担比例的增高，共享平台分担了更多的区块链成本，然而，产品的转让价格却显著增高。这一反常现象可归因于制造商在成本分担机制下的策

略调整。尽管共享平台承担了更多成本，制造商可能出于维护自身利益、保障利润空间或调整市场策略的考虑，选择提高转让价格。这种策略调整可能反映了制造商在成本分担与定价权之间的权衡，以及对市场需求、竞争态势的敏锐洞察。相比之下，在 DAPP 情形下，产品的转让价格与成本分担比例无关。这是因为 DAPP 的开发和维护成本较低且相对固定，不受成本分担比例的直接影响。制造商在制定转让价格时，更多地基于市场需求、产品成本、预期利润以及共享平台的议价能力等因素进行综合考虑。进一步观察发现，当成本分担比例极高时，自建链模式下的产品转让价格高于 DAPP 模式。这可能是因为极端情况下，自建链的高成本使得制造商在定价时面临更大压力，需要通过提高转让价格来弥补成本支出。而 DAPP 模式由于成本结构相对优越，制造商在制定价格时更具灵活性，能够在保持竞争力的同时确保利润空间。在其他成本分担比例下，两种模式的转让价格差异则可能受到多种因素的共同作用，包括市场需求、产品特性、双方议价能力等。

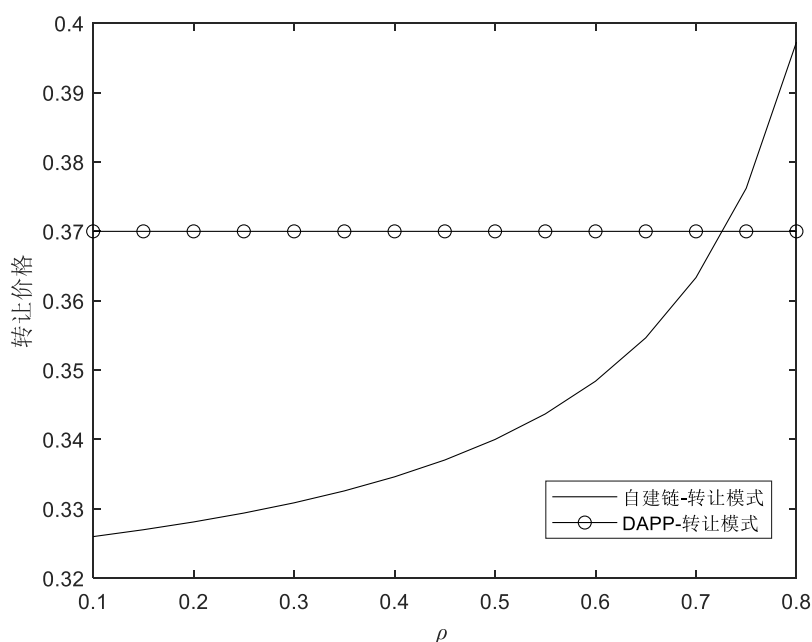


图 5-3 产品的转让价格随 ρ 的变化情况

图 5-4 与图 5-5 分别展示了产品的零售价格和共享价格随成本分担比例的变化趋势。可以看出，在自建链情形下，无论是转让模式还是代理模式，随着成本分担比例的增高，产品的零售价格和共享价格均呈现出略微增高的趋势。这一现象可归因于成本结构的调整对定价策略的间接影响。当共享平台承担更多的区块

链开发成本时，虽然直接减轻了制造商的经济负担，但制造商可能通过微调价格策略来确保整体利润水平。这种微调在零售和共享市场上均有所体现，尽管增幅相对有限，却反映了成本分担机制对供应链定价的微妙作用。相比之下，在 DAPP 情形下，产品的零售价格和共享价格与成本分担比例无关。这是由于 DAPP 的开发和维护成本较低且相对固定，不受成本分担比例的直接影响。因此，制造商在制定零售和共享价格时，更多地依赖于市场需求、产品特性、消费者行为等因素，而非成本分担的具体安排。进一步分析发现，无论是自建链还是 DAPP 情形，转让模式下产品的零售价格和共享价格总是高于代理模式。这一现象根源于两种商业模式下制造商与共享平台之间合作关系的本质差异。在转让模式下，制造商将产品所有权转让给共享平台，后者承担后续运营责任，因此制造商倾向于通过设定较高的转让价格来保障自身利润。而在代理模式下，制造商保留产品所有权，与共享平台共享收益，双方合作关系更为紧密，定价策略也更为灵活亲民，旨在吸引更多消费者，扩大市场份额。

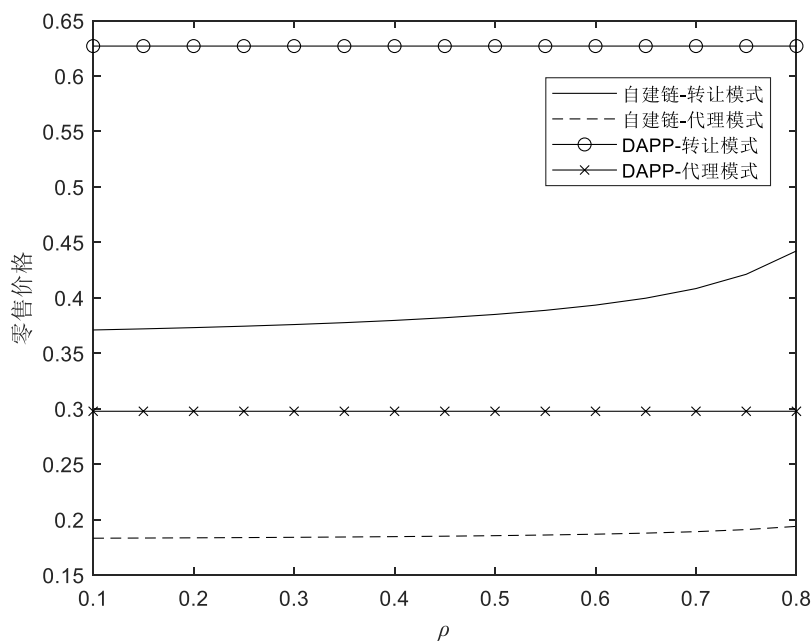
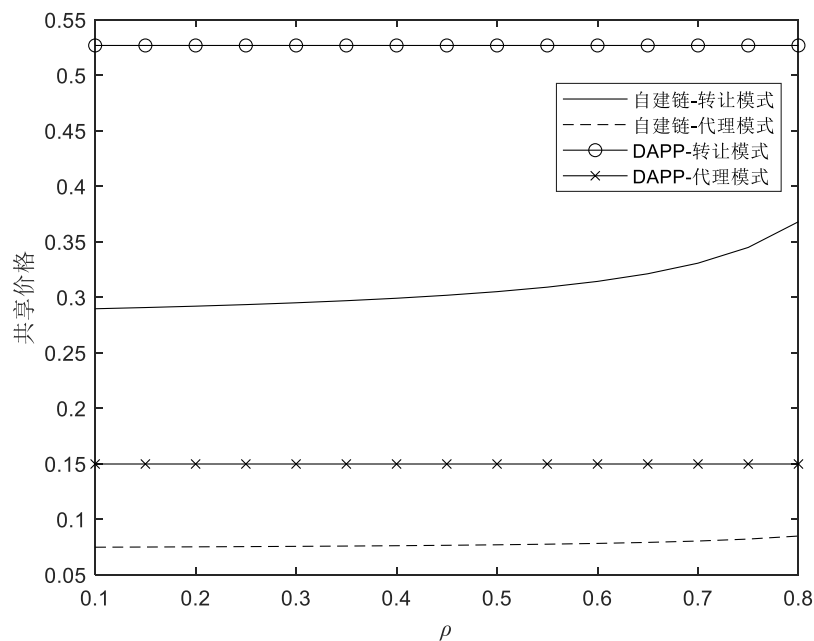


图 5-4 产品的零售价格随 ρ 的变化情况

图 5-5 产品的共享价格随 ρ 的变化情况

5.5.3 关键参数对最优利润的影响和对比分析

图 5-6 展示了制造商的利润随成本分担比例的变化情况。首先，可以看出，无论在自建链还是 DAPP 模式下，制造商的利润均随成本分担比例的增高而增加，且 DAPP 模式下利润增加的幅度更为显著。这是因为成本分担比例的增高意味着共享平台承担了更多的区块链开发与维护成本，从而减轻了制造商的经济负担。在 DAPP 模式下，由于区块链的开发和维护成本相对较低且固定，成本分担机制对制造商利润的边际提升效应更为明显。随着成本分担比例的上升，制造商能够更专注于核心业务的运营与发展，提升整体运营效率，进而实现利润的大幅增长。此外，从图中可以看出，转让模式下制造商的利润高于代理模式，这主要归因于转让模式允许制造商根据生产成本、市场需求及预期利润，设定相对较高的零售指导价，并通过规模经济效应实现成本的有效分摊，确保较高的利润空间。而代理模式下，制造商需与共享平台共享收益，且面临较高的运营成本，导致利润相对较低。综上所述，成本分担比例的增高对制造商利润具有积极影响，尤其在 DAPP 模式下更为显著。同时，转让模式相较于代理模式，更有利于制造商实现利润最大化。

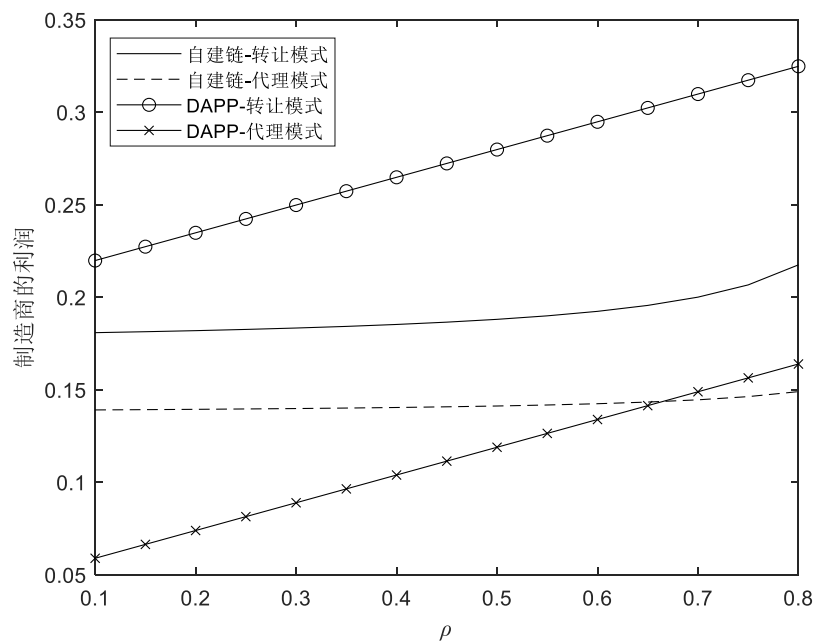
图 5-6 制造商的利润随 ρ 的变化情况

图 5-7 展示了共享平台的利润随成本分担比例的变化情况。首先，可以观察到，无论在自建链还是 DAPP 模式下，随着成本分担比例的增高，共享平台的利润均呈现出下降趋势。这一现象可归因于成本分担机制对共享平台经济负担的直接影响。当成本分担比例增加时，共享平台需要承担更多的区块链开发与维护成本，这直接减少了其可用于运营和发展的可用资金。因此，尽管成本分担可能在一定程度上减轻制造商的经济压力，却相应地加重了共享平台的财务负担，导致其利润空间被压缩。其次，对比转让模式与代理模式，可以发现代理模式下共享平台的利润普遍高于转让模式。这一差异主要源于两种商业模式下共享平台与制造商之间的合作关系及利益分配机制。在代理模式下，共享平台不仅负责市场推广和服务提供，还通过与制造商共享收益，实现了更紧密的利益绑定。这种合作模式使得共享平台在定价、成本控制及市场策略制定上拥有更大的灵活性和自主权，从而有助于提升整体运营效率和盈利能力。相比之下，在转让模式下，共享平台需要承担更多的运营成本，且其利润主要依赖于与制造商之间的产品转让价格，这在一定程度上限制了其利润空间。因此，代理模式为共享平台提供了更为有利的盈利环境。

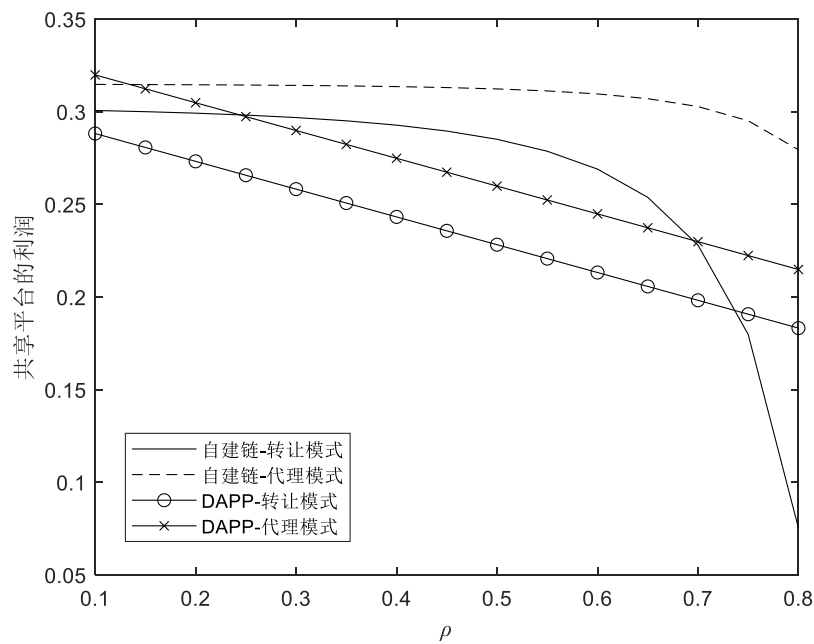
图 5-7 共享平台的利润随 ρ 的变化情况

图 5-8 绘制了制造商的利润随成本分担比例的变化情况。首先，无论是代理模式还是转让模式，在 DAPP 情形下，供应链的利润与成本分担比例无关。这是因为 DAPP 模式基于现有的区块链平台开发，其成本结构相对固定，且区块链性能主要由公有链决定，不受单一企业或平台成本分担比例的影响。因此，在 DAPP 模式下，供应链的利润更多地取决于市场需求、产品定价及区块链技术的广泛应用程度，而非成本分担比例。其次，在自建链情形下，供应链的利润随成本分担比例的增高而减小。这是因为自建链的开发和维护成本较高，且随性能提升而显著增加。当成本分担比例增高时，虽然制造商的经济负担得以减轻，但共享平台因承担更多成本而面临财务压力，可能通过提高产品转让价格或降低服务质量来应对，进而影响整个供应链的利润水平。此外，自建链的性能提升虽然有助于增强消费者信任和提升产品竞争力，但其边际效益递减，导致整体利润随成本分担比例的增加而下降。此外，从图中可以看出，在 DAPP 情形下，转让模式下供应链的利润高于代理模式。这是因为转让模式下，制造商能够更灵活地设定产品零售价和转让价，通过规模经济效应实现成本的有效分摊，从而确保较高的利润空间。而代理模式下，制造商需与共享平台共享收益，且面临较高的运营成本，导致利润相对较低。最后，自建链情形下，成本分担比例对供应链利润的影响因商业模式而异。当成本分担比例较低或适中时，转让模式下供应链的利润高于代理

模式，因为此时制造商能够通过成本分担机制减轻经济负担，并利用其规模经济和品牌优势获取更高利润。然而，当成本分担比例较高时，结论相反。这是因为过高的成本分担比例会显著增加共享平台的财务压力，导致其通过提高产品转让价格或降低服务质量来应对，进而影响整个供应链的利润水平。此时，代理模式下的紧密合作关系和利益共享机制有助于缓解这一压力，确保供应链的稳定性与盈利能力。

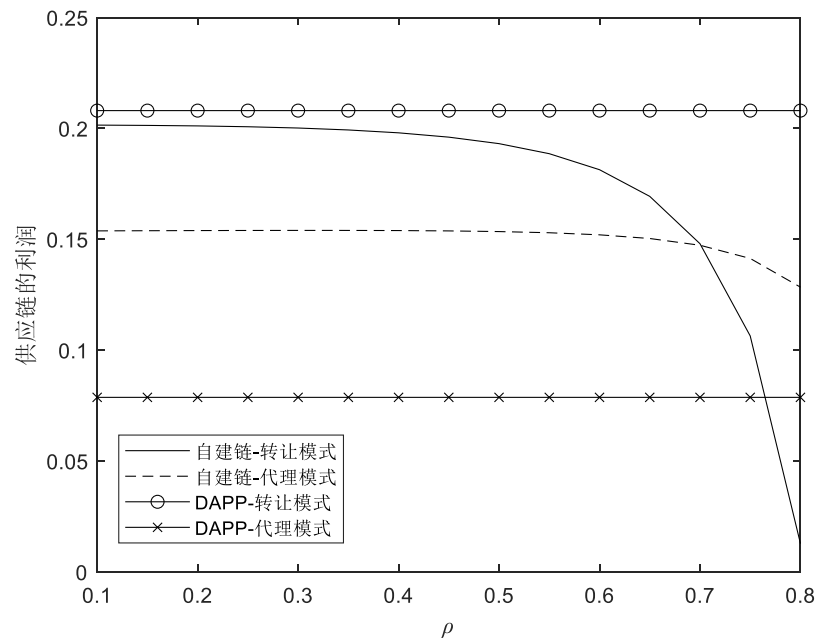


图 5-8 供应链的利润随 ρ 的变化情况

5.6 本章小结

本章内容聚焦于不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策问题，通过构建转让模式和代理模式两种主要商业模式下的决策模型，深入分析了区块链技术在不同情境下的应用效果及其对共享供应链决策的影响。

首先，本章对转让模式和代理模式进行了详细阐述，指出这两种商业模式在运营策略、利润分配、风险承担等方面存在显著差异。转让模式下，制造商将产品所有权转让给共享平台，由共享平台负责后续的运营和市场推广；而代理模式下，制造商保留产品所有权，通过共享平台实现产品的共享，并根据约定与共享平台共享收益。基于这两种商业模式，本章分别构建了基于自建链和 DAPP（去中心化应用）的共享供应链决策模型。模型考虑了消费者效用、市场需求、成本

结构、区块链性能等多个关键因素，通过数学推导得出了不同情境下的最优决策结果。在解析分析部分，本章详细探讨了区块链技术对不同商业模式下供应链决策的影响，包括产品价格、利润分配、消费者信任等方面。

通过数值分析，本章进一步揭示了关键参数（如成本分担比例、区块链性能等）对最优决策结果的影响。研究发现，区块链技术的引入显著提升了供应链的透明度和效率，增强了消费者信任，进而促进了产品价格的提升和供应链利润的增长。然而，不同商业模式下区块链技术的应用效果存在差异。在转让模式下，制造商往往设定较高的零售价格以确保利润空间，而共享平台的利润则相对有限；在代理模式下，由于制造商与共享平台之间的紧密合作与利益共享机制，产品价格更加亲民，共享平台成为最大受益者。

本章的主要结论包括：区块链技术对商业模式的优化作用显著，能够提升供应链透明度和效率，增强消费者信任；不同商业模式下区块链技术的应用效果存在差异，企业在选择商业模式时应综合考虑市场需求、利润分配、运营成本等多个因素；成本分担比例对供应链利润有显著影响，企业应积极探索合理的成本分担机制以优化供应链效益。从管理启示的角度来看，本章的研究结论为企业提供了以下指导：企业在选择共享供应链的商业模式时，应充分考虑市场需求、竞争环境、自身资源等因素，选择最适合自身发展的模式；同时，应积极引入区块链技术以提升供应链透明度和效率，增强消费者信任；此外，还应优化成本分担机制，与合作伙伴共同分担区块链开发成本和其他运营成本，以实现供应链的整体优化和可持续发展。

第 6 章 结论与展望

6.1 结论

本文探讨了基于区块链技术的共享供应链决策问题，旨在全面分析区块链技术如何影响共享供应链的透明度、信任机制及整体运营效率。通过构建多种决策模型，并结合详尽的数值分析，系统地研究了区块链技术在不同开发方式、商业模式下的应用效果，为企业的决策制定提供了科学依据。

首先，本文构建了有无区块链技术下的共享供应链决策模型，并对比分析了区块链技术引入前后供应链决策过程的变化。。结果表明，区块链技术的引入，凭借其去中心化、数据不可篡改等特性，显著提升了供应链的透明度，增强了消费者与供应链各参与方之间的信任。具体而言，区块链技术使得产品信息更加透明，减少了信息不对称带来的风险，从而提高了消费者对产品的接受度和支付意愿，进而促进了制造商和共享平台的利润增长。尽管区块链技术的开发与维护成本较高，但其带来的长期效益远超过短期成本投入。

其次，本文进一步探讨了自建链和 DAPP 两种区块链开发方式对共享供应链决策的影响。自建链模式能够根据企业特定需求提供高度定制化的服务，满足企业对区块链性能的个性化要求。然而，这种模式开发成本高昂，技术实施难度较大。相比之下，DAPP 模式基于现有的区块链平台开发，成本较低，开发过程简便，更受消费者信赖。但 DAPP 模式的区块链性能受限于公有链的整体性能，可能无法满足所有应用场景的需求。通过构建基于不同开发方式的决策模型，分析了两种模式在区块链性能、可控性、成本和消费者信任等方面的优劣势。结论指出，企业在选择区块链开发方式时，应综合考虑技术成本、市场需求、消费者信任度以及企业自身的技术实力和资源投入等因素。从管理实践来看，企业应根据自身实际情况和需求，权衡自建链和 DAPP 模式的利弊，选择最适合自身发展的区块链开发方式。

最后，本文探究了不同商业模式下基于区块链技术的共享供应链决策问题。具体来说，本文研究了转让模式和代理模式两种主要商业模式下的决策过程，并引入了成本分担契约以分析成本分担比例对决策结果的影响。在转让模式下，制造商将产品所有权转让给共享平台，由共享平台负责后续的运营和管理。这种模

式能够确保制造商的利润空间，但共享平台的利润相对有限。而在代理模式下，制造商保留产品所有权，通过共享平台实现产品的共享，并根据约定与共享平台共享收益。这种模式有利于增强制造商与共享平台之间的合作与信任，促进供应链的整体优化。结论表明，不同商业模式下区块链技术的应用效果存在差异，企业在选择商业模式时应综合考虑市场需求、利润分配、运营成本等多个因素。从管理启示来看，企业应灵活选择商业模式，以实现利润最大化并提升市场竞争力。同时，企业还应积极探索合理的成本分担机制，与合作伙伴共同分担区块链开发成本和其他运营成本。

综上所述，本文通过构建多种决策模型并结合数值分析，系统地研究了基于区块链技术的共享供应链决策问题。研究发现，区块链技术的引入显著提升了供应链的透明度和效率，增强了消费者信任，进而促进了供应链整体运营效益的提升。同时，自建链和 DAPP 两种区块链开发方式各有优劣，企业在选择时应综合考虑多方面因素。此外，不同商业模式下区块链技术的应用效果也存在差异，企业应灵活选择商业模式以实现利润最大化。本研究不仅丰富了区块链技术在供应链管理领域的应用研究，还为企业制定科学合理的决策策略提供了理论依据和实践指导。从管理实践的角度来看，企业应积极引入区块链技术，并根据自身实际情况和需求选择合适的区块链开发方式和商业模式，以实现供应链的整体优化和可持续发展。

6.2 展望

本文在基于区块链技术的共享供应链决策方面取得了一定成果，但仍存在改进空间和进一步研究方向。

首先，本文所构建的决策模型主要基于静态市场环境和确定性参数，这在一定程度上限制了模型的适用性和现实指导意义。为了更贴近实际运营环境，未来的研究可以考虑引入动态市场环境和不确定性因素，如需求波动、价格竞争等。这些动态因素在实际市场中普遍存在，对供应链决策产生显著影响。通过构建包含动态市场环境的决策模型，可以更加准确地模拟现实情境，提高模型的实用性和预测能力，为企业在复杂多变的市场环境中提供更为科学合理的决策依据。

其次，本文的研究范围主要聚焦于制造商、共享平台和消费者三方构成的共

享供应链。然而，在现实的供应链网络中，参与主体和环节往往更加复杂多样。为了更全面地揭示区块链技术在供应链管理中的应用潜力，未来的研究可以拓展至更复杂的供应链网络，考虑更多参与主体和环节，如供应商、分销商、物流服务提供商等。通过构建包含多主体、多环节的供应链模型，可以更加深入地分析区块链技术对整个供应链网络的影响，为企业在供应链管理和优化方面提供更为全面的理论支持和实践指导。

此外，本文的研究方法主要集中于理论模型构建和数值分析，虽然这些方法为研究提供了坚实的理论基础，但在实际应用中可能存在一定的局限性。为了更准确地验证模型的有效性和实用性，未来的研究可以结合实际案例，通过实证研究来进一步验证和完善模型。通过实地调研、数据收集和分析等方法，可以更加直观地展示区块链技术在共享供应链中的应用效果，为企业提供更加具体和针对性的决策支持。这种理论与实践相结合的研究方法，不仅有助于提升研究的科学性和实用性，还能为企业在应用区块链技术时提供更为可行的操作方案。

综上所述，未来的研究应在动态环境、复杂网络及实证研究等方面进一步拓展和深化。通过构建包含动态市场环境和不确定性因素的决策模型，拓展研究范围至更复杂的供应链网络，并结合实际案例进行实证研究，可以更加全面地揭示区块链技术在共享供应链中的应用价值。这不仅有助于提升研究的科学性和实用性，还能为企业在供应链管理和优化方面提供更加科学合理的决策依据，推动区块链技术在共享供应链领域的广泛应用和发展。

参考文献

- [1] Felson M, Spaeth J L. Community structure and collaborative consumption: A routine activity approach[J]. American behavioral scientist, 1978, 21(4): 614-624.
- [2] Botsman R, Rogers R. What's mine is yours[J]. The rise of collaborative consumption, 2010, 1(3): 58-70.
- [3] 张伟. 中国共享经济发展报告发布[N]. 中国高新技术产业导报, 2023-02-27(001).
- [4] Sutherland W, Jarrahi MH. The sharing economy and digital platforms: A review and research agenda[J]. International Journal of Information Management, 2018, 43(5): 328-341.
- [5] Wang X, Ng C T, Dong C. Implications of peer-to-peer product sharing when the selling firm joins the sharing market[J]. International Journal of Production Economics, 2020, 219(4): 138-151.
- [6] Na Y K, Kang S, Jeong H Y. Sub-Network Structure and Information Diffusion Behaviors in a Sustainable Fashion Sharing Economy Platform[J]. Sustainability, 2019, 11(12): 32-49.
- [7] 张子钊, 徐琪. 区块链下奢侈品零售共享混合渠道定价影响研究[J]. 管理科学与工程, 2022, 11(4): 766-787.
- [8] Charnley F, Knecht F, Muenkel H, et al. Can digital technologies increase consumer acceptance of circular business models? The case of second hand fashion[J]. Sustainability, 2022, 14(8): 45-89.
- [9] Fan Z, Zhou Z, Zhang W. Game analysis of enterprise data sharing from a supply chain perspective[J]. Heliyon, 2024, 10(4): 71-83.
- [10] Huang W, Ng E, Tan B, et al. The development of a C2B2C sharing economy platform: A case study of China's Airparking[J]. Information & Management, 2024, 61(4): 103-110.
- [11] Sun K. Strategic responses to the aggregator platform: Pricing and information sharing[J]. Journal of Retailing and Consumer Services, 2024, 79(3): 138-154.
- [12] Zhang D, Yu C, Desai J, et al. A time-space network flow approach to dynamic repositioning in bicycle sharing systems[J]. Transportation research part B:

- methodological, 2017, 103(12): 188-207.
- [13] Chen Y, Wang D, Chen K, et al. Optimal pricing and availability strategy of a bike-sharing firm with time-sensitive customers[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 228(2): 208-221.
- [14] Dong Z, Fan Z P, Wang N. An analysis of pricing strategy for bike-sharing services: The role of the inconvenience cost[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2023, 175(6): 103-146.
- [15] 王建刚. 互联网分享经济下共享单车的盈利模式探析[J]. 中国商论, 2017, 11(2): 147-149.
- [16] 程茜. 无桩共享单车平台的最优定价策略研究[D]. 华南理工大学, 2023.
- [17] 谭春桥, 李尽展, 周丽. 基于 Bertrand 博弈的共享单车定价与投放联合策略研究[J]. 控制与决策, 2021, 36(7): 178-192.
- [18] Shi Z, Xu M, Song Y, et al. Multi-Platform dynamic game and operation of hybrid Bike-Sharing systems based on reinforcement learning. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2024, 181(3): 133-147.
- [19] Egan M, Jakob M. Market mechanism design for profitable on-demand transport services[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2016, 89(2): 178-195.
- [20] Tian C, Tu K, Sui H, et al. Value co-creation in shared mobility: The case of carpooling in China[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2024, 205(3): 123-138.
- [21] Yu Y, Dong Y, Guo X. Pricing for sales and per-use rental services with vertical differentiation[J]. European Journal of Operational Research, 2018, 270(2): 586-598.
- [22] 黄毅祥, 蒲勇健. 新能源汽车分时租赁市场竞争的进化博弈模型研究[J]. 中国管理科学, 2018, 26(2): 79-85.
- [23] 黄毅祥, 蒲勇健, 孙衍华. 电动汽车分时租赁市场联盟定价博弈[J]. 软科学, 2018, 32(2): 20-23.
- [24] 万谧宇, 柳键, 张志坚等. 新能源汽车制造商分时租赁模式采用策略研究——基于商业模式比较的演化分析[J]. 中国管理科学, 2023, 31(2): 30-39.
- [25] 王春英, 陈宏民. 共享短租平台房东定价行为——基于小猪短租平台的数据分析[J]. 系统管理学报, 2021, 30(2): 63-72.

- [26] 杨帅, 陈建宏, 柯丹等. 共享住宿定价策略的跨国差异: 国家文化价值观在共享经济中的调节作用[J]. 南开管理评论, 2021, 24(3): 60-73.
- [27] Wang D, Nicolau J L. Price determinants of sharing economy based accommodation rental: A study of listings from 33 cities on Airbnb. com[J]. International Journal of Hospitality Management, 2017, 62(7): 120-131.
- [28] Gibbs C, Guttentag D, Gretzel U, et al. Pricing in the sharing economy: A hedonic pricing model applied to Airbnb listings[J]. Journal of Travel & Tourism Marketing, 2018, 35(1): 46-56.
- [29] 池毛毛, 潘美钰, 王伟军. 线索一致性对共享住宿平台用户购买决策的影响研究: 房客文本信息和房源图片信息的交互效应[J]. 数据分析与知识发现, 2020, 4(11): 74-83.
- [30] Bonafé-Pontes A A, Oliveira-Castro J M, Foxall G R. When individuals behave as marketing firms: Probability discounting and reputation in peer-to-peer markets[J]. Managerial and Decision Economics, 2020, 41(2): 185-190.
- [31] 吕姝. 社交需求对共享经济平台成交价格影响研究[D]. 大连理工大学, 2018.
- [32] Long Q, Bai C, Chen Y, et al. Price tradeoff or sharing partnership? Understanding guest-to-guest relationships in P2P accommodation[J]. International Journal of Hospitality Management, 2022, 107(3): 103-116.
- [33] 孙晶. 在线社交知识共享平台的多阶段动态最优定价策略研究[D]. 厦门大学, 2020.
- [34] 许有志, 王道平, 杨炳儒. 供应链中的知识交易与定价研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2008, 29(11): 97-101.
- [35] 陈搏, 王苏生. 基于知识距离的知识定价决策模型及其应用[J]. 预测, 2008, 27(5): 38-44.
- [36] 王来东, 朱新硕, 余万林等. 数字经济时代知识产品价格形成机理研究[J]. 价格理论与实践, 2023, 7(2): 42-46.
- [37] 马滔, 刘征驰, 陈文武. 知识付费产权保护视域下的定价机制与质量决策[J]. 管理学报, 2021, 18(12): 22-29.
- [38] 刘征驰, 黄雅文, 马滔. 非授权分享、定价分歧与知识付费平台运营策略[J]. 中国管理科学, 2021, 29(3): 168-175.

- [39] 韩莹, 陈国宏, 梁娟. 基于网络权力的产业集群二元式创新下知识闭环系统知识定价, 收益与协调研究[J]. 中国管理科学, 2017, 25(3): 68-75.
- [40] Duan K, Pang G, Lin Y. Exploring the current status and future opportunities of blockchain technology adoption and application in supply chain management[J]. *Journal of Digital Economy*. 2023, 2(3): 244-288.
- [41] Li X. Inventory management and information sharing based on blockchain technology[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2023, 179(6): 109-126.
- [42] Cao C, He Y, Liu Y, et al. Blockchain technology adoption mechanism for semiconductor chip supply chains considering information disclosure under cost-sharing contract[J]. *International Journal of Production Economics*, 2024, 282(11): 109-120.
- [43] Awasthy P, Halder T, Ghosh D. Blockchain enabled traceability—An analysis of pricing and traceability effort decisions in supply chains[J]. *European Journal of Operational Research*, 2025, 321(3): 760-774.
- [44] Fang C, Chi M, Fan S, et al. Who should invest in blockchain technology under different pricing models in supply chains?[J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 319(3): 777-792.
- [45] Pattanayak S, Ramkumar M, Goswami M, Rana NP. Blockchain technology and supply chain performance: The role of trust and relational capabilities[J]. *International Journal of Production Economics*, 2024, 271(2): 189-198.
- [46] 刘丽丽, 李医中. 基于区块链技术的知识付费产品供应链的定价及质量决策研究[J/OL]. 系统工程, 1-16[2025-03-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1115.n.20241023.1827.008.html>.
- [47] Zhang Q, Li Y, Hou P, et al. Price signal or blockchain technology? Quality information disclosure in dual-channel supply chains[J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 316(1): 126-137.
- [48] Tian L, Hu B. The impacts of blockchain adoption on pricing and efforts decisions in online game supply chains with information asymmetry[J]. *International Journal of Production Economics*, 2023, 266(3): 109-121.
- [49] Ahmed W A, MacCarthy B L. Blockchain-enabled supply chain traceability - How wide? How deep?[J]. *International Journal of Production Economics*, 2023, 263(7): 179-188.

- [50] 杨婷, 马超群, 米先华. 区块链技术驱动的供应链碳资产质押融资模式及其演化路径[J/OL]. 系统工程理论与实践, 1-26[2025-03-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2267.N.20250313.1500.016.html>.
- [51] 张令荣, 彭博, 程春琪. 基于区块链技术的低碳供应链政府补贴策略研究[J]. 中国管理科学. 2023, 31(10): 49-60.
- [52] 刘欣悦, 刘平峰, 江珊. 区块链驱动平台破解供应链中小企业融资约束的演化博弈研究[J/OL]. 系统科学与数学, 1-31[2025-03-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2019.O1.20241014.0900.002.html>.
- [53] 李秋香, 马草原, 谢磊等. 区块链赋能供应链价值创造的机理与策略——质量信息不对称下的经济学分析[J]. 管理世界, 2024, 40(8): 98-122.
- [54] Rožman N, Diaci J, Corn M. Scalable framework for blockchain-based shared manufacturing[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2021, 71(5): 102-139.
- [55] Auer S, Nagler S, Mazumdar S, et al. Towards blockchain-IoT based shared mobility: Car-sharing and leasing as a case study[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2022, 200(12): 103-116.
- [56] Valaštín V, Košťál K, Bencel R, et al. Blockchain based car-sharing platform[C]. International Symposium ELMAR. IEEE, 2019, 23(3): 5-8.
- [57] Han Y Y, Wei W Q, Dou K L, et al. Research and Implementation of Credit Investigation Sharing Platform Based on Double Blockchain[J]. Computers, Materials & Continua, 2023, 75(3): 58-66.
- [58] Feng Y, Tan Y R, Duan Y, et al. Strategies analysis of luxury fashion rental platform in sharing economy[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2020, 142(7): 65-79.
- [59] Qiao H, Zhang Z, Su Q. Blockchain technology adoption of the manufacturers with product recycling considering green consumers[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 177(2): 109-121.

攻读硕士学位期间发表的学术论文

- [1] Ye T, Liu S, Zhang D. Shared Supply Chain: Strategy Selection and Optimization for Blockchain Technology Implementation Methods. J. COMBIN. MATH. COMBIN. COMPUT. 2025; 127: 1949-1961.

致谢

行文至此，落笔为终，三年的硕士生涯转瞬即逝，心中满载着感慨与感恩。在即将告别安工程的时刻，我满怀感激之情，向那些在我生命中留下深刻印记的人们致以最诚挚的谢意。

首先，我要衷心感谢我的导师叶老师。初入研究生阶段，面对浩瀚的学术海洋，我感到迷茫与无助。是叶老师以渊博的知识和严谨的治学态度，为我点亮了前行的灯塔。从论文选题到撰写，叶老师始终给予我耐心的指导和无私的帮助。她鼓励我大胆尝试，培养了我独立思考和解决问题的能力。叶老师的严谨认真和言传身教，不仅让我在学术上受益匪浅，更在人生道路上指引着我前行。

其次，向学院诸位授业恩师致以衷心感谢。是你们用知识的光芒照亮了我前行的道路，为我搭建了坚实而宽广的知识框架，让我在学术的海洋中找到了方向。

最后，我要特别感谢我的家人和朋友们，是你们的陪伴与支持，让这段原本可能孤独的学术旅程变得充满温暖与力量。我们共同度过的每一个日夜，都是我人生中宝贵的财富。

在此，我衷心祝愿叶老师及各位授课老师身体健康，万事如意；祝愿家人和朋友们生活顺利，前程似锦，迎接更加美好的未来。最后，再次向所有给予我帮助和支持的人表示最诚挚的感谢。愿来日方长，理想长鸣！