

分类号: F724.6

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2210720128



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题 目 多主体协同视域下直播电商数据
监管与品控决策研究

论 文 作 者 侯慧霞

指 导 教 师 谢荣见教授

学 科 (专 业) 管理科学与工程

研 究 方 向 信息系统与知识管理

论文提交日期: 2024 年 6 月 3 日

分类号: F724.6

单位代码: 10363

密 级: 公开

学 号: 2210720128

题 目 多主体协同视域下直播电商数据监管与品控决策研究

英文并列

题 目 RESEARCH ON DATA SUPERVISION AND QUALITY
CONTROL DECISION-MARKING OF LIVE BROADCAST
E-COMMERCE FROM THE PERSPECTIVE OF MULTI-
AGENT COLLABORATION

学生姓名:	候慧霞
指导教师:	谢荣见 教授
专 业:	管理科学与工程
研究方向:	信息系统与知识管理

论文答辩日期: 2024 年 5 月 29 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：侯慧霞

日期：2024年6月3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：侯慧霞 指导教师签名：许厚如

日期：2024年6月3日

日期：2024年6月3日

多主体协同视域下直播电商数据监管与品控决策研究

摘 要

直播电商的生态演化打破了传统售货渠道的束缚，满足了消费者个性化消费的诉求，但也随之产生了技术和资本对消费者行为的深度控制、认可度和公信力的过度消费以及监管缺位等诸多问题。因此，本文基于前景理论、博弈论等探索直播电商的数据监管和选品质量控制机制。首先针对直播电商虚假数据治理问题，构建由网红主播、直播平台、政府监管部门和消费者为主体的博弈模型，探索博弈主体间策略选择的稳定均衡状态条件以及博弈策略的动态调整过程；其次探索直播电商选品质量监管问题的内在演化机理，基于风险和价值感知的视角，考虑外界随机扰动因素的影响，构建演化博弈模型，仿真调控分析责任共担比例、损益感知价值、风险偏好等对选品质量控制的影响；最后，构建直播电商数据监管和选品质量管理的微分博弈模型，探索直播电商数据监管与选品质量的最优控制问题。本文得出的主要结论如下：

（1）当使用虚假数据给网红主播带来的损失较低时，网红主播失信带货意愿增强，且影响力较大的网红主播策略选择变动频率较高。当使用虚假数据违规成本增加时，网红主播影响力的差异性决定了其对不同违规成本的敏感程度，违规成本越高，网红主播达到诚信带货策略稳定的时间越短，越容易选择诚信带货；

（2）监管强度过大不利于直播电商行业的持续发展，中强度的

监管不仅能够显著抑制网红主播的投机行为，而且能够降低监管成本。网络打假组织作为辅助监管群体对直播电商虚假数据进行监督、曝光时，网红主播诚信带货的意愿显著提高；

（3）商家和网红主播责任共担能够有效降低劣质产品流入市场的概率，网红主播共担责任能够保持直播电商发展活力的同时提高严格选品的主动性。当直播电商利益主体责任界定模糊时，容易引发产品质量舆情问题，商家和网红主播共担责任能够降低主体因侥幸心理而产生的违规行为；

（4）收益感知激发消费者购买产品的积极性，损失感知对网红主播和直播平台的选品行为具有显著抑制作用。风险偏好是影响利益主体价值感知的重要因素，培养网红主播和平台的风险规避意识有利于解决直播电商的选品质量问题；

（5）退货成本摊配的分散式决策不仅能够提升消费者的直播购物水平，而且能够促使商家增加产品生产质量水平的投入、降低投机行为的概率。商家在集中式决策下的产品质量投入水平受购物水平影响系数的作用敏感性较强。在集中式决策情景下，商家和网红主播更关注直播电商的整体收益；

（6）商家在集中式决策情景下获得的利润最高，而无退货成本摊配的分散式决策下的利润却小于有退货成本摊配的分散式决策下的利润。当收益抽成比例满足一定阈值时，商家和网红主播在集中式决策情景下的收益最高，因此退货成本摊配机制并不是适用于所有的直播电商，商家和网红主播需要根据双方的合作方式以及收益

分配来决定是否选择分担产品退货成本。

关键词：直播电商，前景理论，数据监管，选品质量，随机扰动

RESEARCH ON DATA SUPERVISION AND QUALITY CONTROL DECISION-MARKING OF LIVE BROADCAST E-COMMERCE FROM THE PERSPECTIVE OF MULTI-AGENT COLLABORATION

ABSTRACT

The ecological evolution of live e-commerce breaks the boundaries of traditional selling channels and meets the consumer's demand for personalized consumption, but it also gives rise to a number of problems, such as the depth of control of technology and capital over consumer behavior, the overconsumption of recognition and credibility, and the lack of supervision. This paper explores the data regulation and quality control management mechanism of live e-commerce based on prospect theory, game theory and so on. First of all, for the problem of false data governance of live e-commerce, the game model is constructed with online celebrities, live broadcasting platforms, government regulators and consumers as the main subjects, exploring the stable equilibrium state conditions of strategy selection among game subjects and the dynamic adjustment process of game strategy; secondly, the internal evolution mechanism of the problem of live e-commerce product quality regulation is explored, based on the perspective of risk and value perception, taking into account the outside

random interference factors. The evolutionary game model is constructed to simulate and regulate and analyze the influence of responsibility sharing ratio, perceived value of profit and loss, and risk preference on the quality control of product selection; finally, the differential game model of live e-commerce data regulation and selection quality management is constructed to explore the optimal control problem of live e-commerce data regulation and selection quality. The main conclusions drawn in this paper are as follows:

(1) When the use of false data brings lower losses to the online celebrity, the willingness of the online celebrity to breach the trust and bring goods is enhanced, and the frequency of the change of the strategy selection of the more influential online celebrities is higher. When the violation cost of using false data increases, the difference in the influence of the Internet celebrity determines its sensitivity to different violation costs, the higher the violation cost, the shorter the time for the Internet celebrity anchor to reach the stability of the integrity bandwagon strategy, and the easier it is to choose the integrity bandwagon;

(2) Excessive regulatory intensity is not conducive to the sustainable development of the live e-commerce industry, and medium-intensity regulation can not only significantly inhibit the speculative behavior of netroots anchors, but also reduce regulatory costs. When the network counterfeiting organization as an auxiliary regulatory group supervises and

exposes the false data of live e-commerce, the willingness of online celebrities to carry goods in good faith is significantly increased;

(3) The shared responsibility of merchants and online celebrities can effectively reduce the probability of poor-quality products flowing into the market, and the shared responsibility of online celebrities can maintain the vitality of the development of live e-commerce while improving the initiative of strict product selection. When the responsibility of live e-commerce interests is vaguely defined, it is easy to cause product quality public opinion problems, and the shared responsibility of merchants and online celebrities can reduce the subject's illegal behavior due to fluke;

(4) Perception of gain motivates consumers to buy products, and perception of loss has a significant inhibitory effect on the product selection behavior of online celebrities and live broadcasting platforms. Risk preference is an important factor affecting the value perception of the main body of interest, and cultivating the risk aversion consciousness of online celebrities and platforms is conducive to solving the problem of product selection quality in live e-commerce;

(5) Decentralized decision making with return cost amortization not only enhances the level of live shopping by consumers, but also motivates merchants to increase the level of investment in the quality of product production and reduces the probability of speculative behavior. Merchants' product quality input level under centralized decision-making is more

sensitive to the role of the shopping level influence coefficient. Under the centralized decision-making scenario, merchants and online celebrities are more concerned about the overall revenue of live e-commerce;

(6) Merchants obtain the highest profit under the centralized decision-making scenario, while the profit under the decentralized decision-making without return cost amortization is smaller than the profit under the decentralized decision-making with return cost amortization. When the revenue draw ratio meets a certain threshold, merchants and online celebrities earn the highest profit under the centralized decision-making scenario, so the return cost amortization mechanism is not applicable to all live e-commerce companies, and merchants and online celebrities need to decide whether to choose to share the product return cost based on the way of cooperation between the two parties and the distribution of revenues.

Author: Hou Huixia

Supervised by Xie Rongjian

KEY WORDS: Live e-commerce, prospect theory, data regulation, selection quality, random perturbations

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	IV
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究意义	2
1.3.1 理论意义	2
1.3.2 现实意义	3
1.4 研究内容与研究方法	3
1.4.1 研究内容	3
1.4.2 研究方法	4
1.5 技术路线与创新点	5
1.5.1 技术路线	5
1.5.2 创新点	5
第 2 章 相关理论与文献综述	7
2.1 相关理论	7
2.1.1 演化博弈理论	7
2.1.2 前景理论	7
2.1.3 随机扰动	8
2.2 直播电商发展现状研究	8
2.3 直播电商存在的问题研究	9
2.3.1 直播电商数据造假问题	9
2.3.2 直播电商产品质量问题	10
2.4 直播电商监管策略研究	10
2.4.1 平台监管层面	10
2.4.2 政府监管层面	11

2.4.3 多主体协同治理层面	11
2.5 国内外研究现状评述	11
第 3 章 多主体协同视域下直播电商数据监管博弈分析	13
3.1 问题描述与研究假设	13
3.1.1 问题描述	13
3.1.2 研究假设	13
3.2 模型构建及策略稳定性分析	15
3.2.1 博弈模型构建	15
3.2.2 各博弈主体策略稳定性分析	15
3.2.3 直播电商博弈策略组合演化稳定性分析	24
3.3 仿真分析	27
3.3.1 声誉、经济损失对博弈主体策略演化的影响	29
3.3.2 消费者理性分辨成本的影响	30
3.3.3 网红主播影响力系数对博弈主体策略演化的影响	31
3.3.4 政府监管成本对博弈主体策略演化的影响	32
3.3.5 网络打假组织对直播电商数据监督的影响	32
3.3.6 政府监管强度对博弈主体策略演化的影响	33
3.4 本章小结	34
第 4 章 多主体协同视域下直播电商选品质量控制决策分析	36
4.1 问题描述与研究假设	36
4.1.1 问题描述	36
4.1.2 研究假设	37
4.2 模型构建及策略稳定性分析	39
4.2.1 直播电商选品质量控制演化博弈模型	39
4.2.2 直播电商选品质量控制随机演化博弈模型	41
4.2.3 直播电商利益主体行为策略的稳定性分析	42
4.2.4 直播电商博弈策略组合稳定性分析	54
4.3 数值仿真模拟分析	56
4.3.1 利益主体初始选择概率的相互影响	57
4.3.2 责任共担系数对博弈主体策略演化的影响	58

4.3.3 收益感知价值敏感系数对博弈主体策略演化的影响	59
4.3.4 损失感知价值敏感系数对博弈主体策略演化的影响	60
4.3.5 损失规避系数对博弈主体策略演化的影响	60
4.3.6 随机扰动对博弈主体策略演化的影响	61
4.4 本章小结	62
第 5 章 直播电商数据监管与选品质量优化决策分析	64
5.1 问题描述与研究假设	64
5.1.1 问题描述	64
5.1.2 研究假设	65
5.2 模型构建与分析	67
5.2.1 直播电商无退货成本摊配的分散式决策	67
5.2.2 直播电商有退货成本摊配的分散式决策	71
5.2.3 直播电商集中式决策	77
5.3 数值仿真分析	81
5.4 本章小结	86
第 6 章 结论与展望	87
6.1 结论与建议	87
6.1.1 研究结论	87
6.1.2 对策建议	89
6.2 研究展望	90
参考文献	91
攻读硕士学位期间发表或录用的学术论文与参与的科研项目经历	1
致谢	2

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

《“十四五”国家信息化规划》中提出“大力推动数字技术与实体经济深度融合，持续优化数字营商环境”，直播电商作为新型商业模式，极大地促进了数字化经济的发展。然而直播电商中的假冒伪劣产品、平台数据造假、网络水军（对特定内容发布特定信息的网络写手）操盘诱导等信用问题却频频发生^[1]。如辛巴“糖水燕窝”事件不仅侵害了消费者的基本权益，同时对平台和自身也产生不可逆的影响。直播电商生态体系中，商家的诉求是高销量和高收益，主播的目标是吸引流量和提高收入，直播平台则为了扩大用户规模和收益而努力，消费者想要获得高价值产品 and 高质量服务，主体诉求的差异及新消费模式的监管滞后是直播电商选品质量问题 and 数据造假问题频频发生的关键所在^[2]。2022 年 3 月，浙江省发布了《直播电子商务选品和品控管理规范》，对直播带货的选品和品控做出了新的要求和规范，但如何协调直播电商生态体系中多元主体的利益诉求，是直播电商选品质量控制和虚假数据监管的关键。因此厘清多元主体的角色定位和责任界限，构建多元共治格局下直播电商选品质量控制和虚假数据监管对维护直播电商新型业态平稳健康发展和内需大循环发展具有重要意义。

直播电商中带货主播的流量越多，其议价能力往往越强，主播与商家进行合作并收取一定的产品收益抽成，商家提供产品，主播负责选品和直播讲解，由此产生一个区别于传统供应链的“竞争性集聚”的大型供应链网络^[3]。然而数据造假和产品质量问题促使直播电商的逆向物流成本显著增加，直播电商供应链效率降低，企业的直播经济效益难以提升^[3]。2022 年 6 月，国家广播电视总局发布的《网络主播行为规范》指出要“进一步完善行业规范和自律公约，探索建立平台与主播约束关系机制，促进行业规范发展”，因此如何协调直播电商各方主体的行为决策以促进直播电商可持续、高质量发展是社会关注的热点问题。

为协调直播电商中利益主体之间的行为决策，抑制虚假数据滋生和产品质量

量泛滥问题，降低直播电商的逆向物流成本剧增和治理难度，使得直播电商各利益主体协同合作从而达到理想的均衡状态，本文通过博弈理论、前景理论、随机扰动等，深入分析不同决策情景下直播电商利益主体之间的博弈关系，为直播电商数据监管和选品质量控制提供理论基础和对策建议。

1.2 研究目的

随着我国数字经济的快速发展，直播电商数据造假和产品质量泛滥问题对数字经济发展的制约和市场信用体系的建设等矛盾日益突出。为建立多主体协同视域下直播电商数据监管机制和品控机制，降低商家、主播和直播平台的违规行为，促进直播电商市场的信用体系建设，推动我国数字化经济转型发展，本文首先利用演化博弈理论和系统动力学理论构建四方主体参与的演化博弈模型，探索政府和直播平台双重约束下直播电商的数据监管机制，分析不同决策行为下数据监管的有效性，抑制商家和网红主播的投机行为，促进商家和网红主播着重关注产品质量；其次通过引入随机扰动和前景理论探索直播电商选品质量控制机制，以进一步保障直播电商的产品质量，维护消费者基本权益，促进直播行业信用体系的建设；最后为了防止商家和主播为了利益选择数据造假和产品假冒伪劣导致直播电商的逆向物流成本增加，降低直播电商的整体效益，本文通过设计退货成本摊配机制以协调和优化多主体之间的决策，实现直播电商的最优控制。本文的研究为政府监管平台电商、治理直播电商乱象提供理论借鉴依据，从而达到净化网络直播电商环境，维护社会信用的目的。

1.3 研究意义

1.3.1 理论意义

直播电商的迅速崛起催生了新型的电商模式，带动了地区经济发展和数字化经济的转型。目前国内外学者对直播电商的研究还处于起步阶段，研究方向主要集中于直播电商营销模式对消费者购买意愿的影响和直播带货“翻车”问题，鲜有学者从博弈论的角度探索直播电商的数据监管和品控机制问题。本文将系统动力学理论、前景理论、随机扰动等融入演化博弈模型，弥补了传统演化博弈模型中客观损益支付矩阵的不足，最大限度的还原直播电商环境的不确定性、利益主体之间的行为交互性以及主观判断的偏差，科学系统地分析了直播电商利益主体互利共生下的长期行为策略条件，以解决直播电商监管环境的

不确定性和利益主体之间的动态策略协调性，丰富了直播电商的相关理论研究体系。通过对多主体参与的直播电商数据监管和品控机制问题进行研究，不仅能够丰富演化博弈模型的相关研究，还能够拓宽博弈论、随机扰动和前景理论在直播电商领域的研究范围。

1.3.2 现实意义

直播电商面临的一系列问题不仅损害了消费者的正当权益，也对社会信用体系建设造成了负面影响。中国商业联合会发表声明，必须对直播电商行业进行整治，使之规划化、制度化、标准化。在此背景下，本文展开了针对直播电商数据监管和品控机制的博弈研究，通过构建基于系统动力学、前景理论、随机扰动的博弈模型，揭示了直播电商利益主体决策的行为特征，寻找系统达到协调稳定的条件。在此基础上，继续寻找直播电商最优控制的措施，提高解决直播电商数据监管和品控机制问题的有效性和外界不稳定因素干扰的前瞻性，帮助直播电商市场的监管部门找到数据监管和品控机制的关键点和发力方向，对净化网络直播环境、维护社会信用、促进数字化经济转型以及保护消费者权益有着重要的现实意义。

1.4 研究内容与研究方法

1.4.1 研究内容

本文为促进我国数字化经济发展，推进直播电商行业信用体系建设，完善直播电商市场监管机制，维护消费者基本权益所开展的直播电商数据监管和品控机制研究的主要内容分为以下几个部分：

（1）构建以“政府监管部门—网红主播—直播平台—消费者”为多元主体的演化博弈模型，分析主体间博弈策略稳定性，并使用 MATLAB 软件仿真分析了四方主体策略选择的动态演化过程，探索利益主体决策行为的动态调整过程和系统协调稳定的条件，以抑制直播电商参与主体使用虚假数据包装劣质产品的行为，提高参与主体对产品质量的重视。

（2）考虑价值与风险感知构建多主体参与的演化博弈模型，研究直播电商的品控管理机制，将演化博弈和前景理论相结合，并引入高斯白噪声，分析随机扰动下直播电商中的产品质量监管问题，刻画心里感知和外界随机扰动作用下博弈主体的行为倾向与演变规律，并使用 MATLAB 软件仿真分析四方主体策

略选择演化过程。

(3) 数据造假和产品质量问题促使直播电商的逆向物流成本显著增加,直播电商整体效率降低,企业的直播经济效益难以提升。为进一步降低商家和主播因为信息不对称而引发的逆向物流成本剧增和治理难度,使得商家和主播协同合作从而达到理想的均衡状态,本文通过微分博弈理论,深入分析不同决策情景下商家和主播之间的博弈关系,通过退货成本摊配机制来抑制网红主播和商家的数据造假和产品质量问题,实现共享共赢的目的。

1.4.2 研究方法

(1) 文献研究法

本文以相关的书籍、期刊文章以及已发表的学位论文为主,收集、整理、归纳和总结出目前关于直播电商乱象治理和多主体决策协调的相关文献,通过文献分类来刻画直播电商目前的研究动态,从而系统地、正确地了解掌握国内外该研究的动态发展趋势和方向,明确本文的研究目标和内容,然后针对直播电商如何协调各方利益主体的行为决策设计数据监管机制和品控机制展开研究,为本文的研究思路和内容提供强有力的理论支撑。

(2) 博弈分析方法

从博弈均衡的角度来说,演化博弈论与生物进化原理存在着共性,主体在不断试错的过程中达到博弈均衡,因此博弈均衡的结果受到演化过程中的多种因素影响。本文基于有限理性假设的演化博弈理论对直播电商数据监管和选品机制问题展开研究,构建多主体演化博弈模型。将亟需探究的直播电商问题转化为可视化的数学模型问题,同时考虑博弈主体的主观判断偏差和外界环境的不确定性。

(3) 数值仿真法

本文结合直播电商的复杂性和交互性,利用相关文献、现实案例以及网站统计数据等对变量进行赋值,借助 Mathematic, Matlab, Vensim 等相关软件对文章中的模型进行模拟和验证,通过仿真调控揭示不同条件下决策主体的行为演变规律和系统协调稳定的条件,进一步探索直播电商数据监管和品控机制的内在机理和相关条件。

1.5 技术路线与创新点

1.5.2 技术路线

本文研究技术路线如图 1-1 所示。

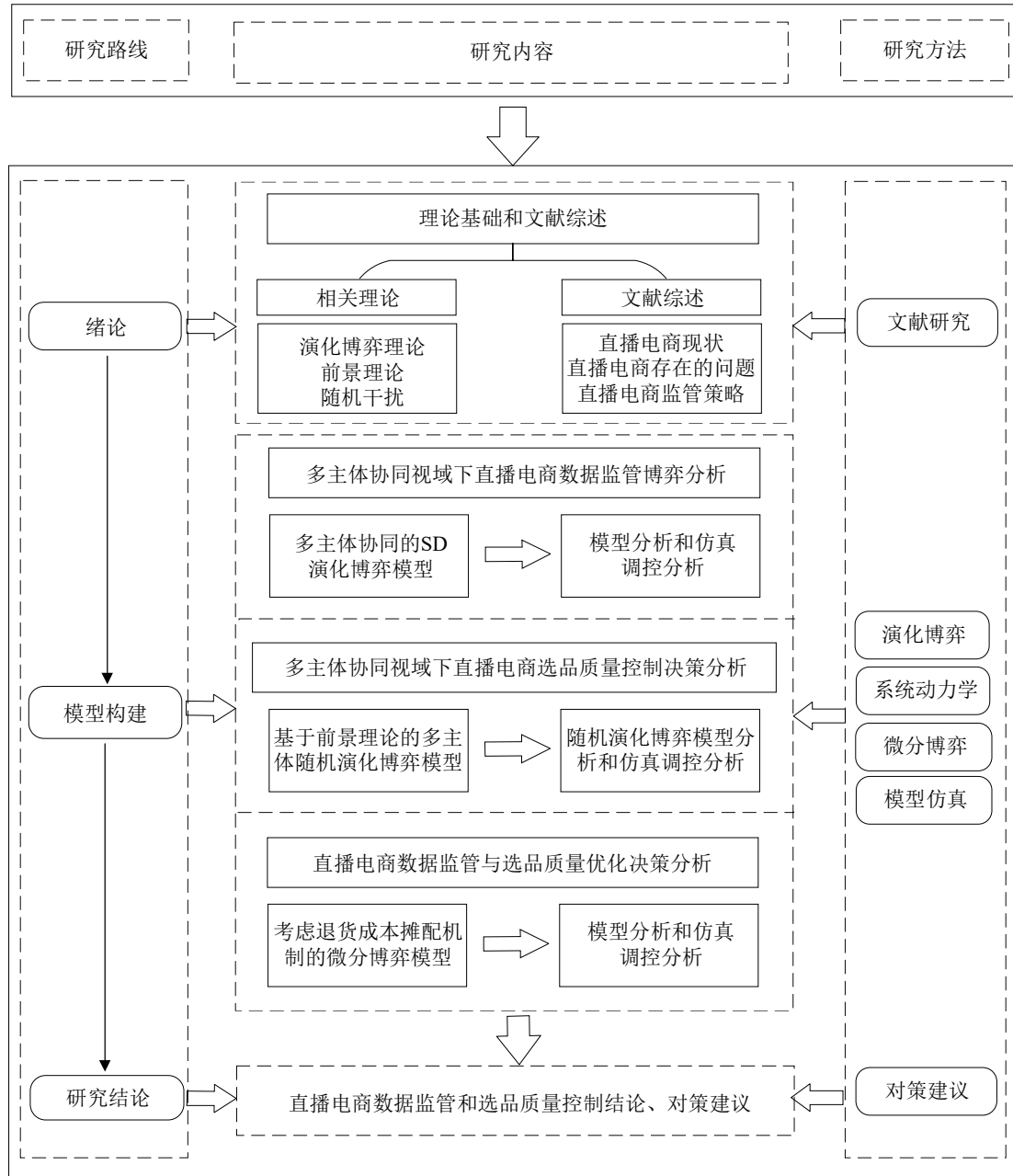


图 1-1 本文研究路线图

1.5.2 创新点

本研究的创新点主要体现在以下三个方面：

(1) Tversky 和 Kahneman^[4]提出的前景理论认为决策主体面对损益时会依据主观判断表现出不同的风险偏好，其决策行为会出现系统性偏差。复杂性高和不确定性强的直播电商环境影响着博弈主体的策略选择以及整个系统的稳定

性。因此本文将前景理论和演化博弈理论相结合，分析直播电商中的选品质量控制决策问题，刻画非理性心理感知因素和环境不确定因素作用下利益主体的行为倾向与演变规律。

（2）在随机扰动方面，由于电商外部环境的不可预测性和市场需求的不确定性加剧了直播电商的发展和监管的难度，通过将高斯白噪声干扰项加入演化博弈模型来进一步分析市场竞争、网络水军诱导、产品质量舆情等随机因素对利益主体策略稳定性的影响，为应对和解决直播电商不正当竞争、产品质量问题引发的网络舆情等随机扰动提供防控依据和实践指导。

（3）在直播电商最优控制方面，考虑到数据造假和产品质量泛滥问题引发的逆向物流成本剧增和治理难度，通过微分博弈模型，深入分析不同决策情景下商家和主播之间的博弈关系，并设计产品退货成本摊配机制来进一步优化直播电商的逆向物流、提高直播电商的整体效益，为进一步解决直播电商数据造假和产品质量泛滥问题提供理论依据。

第2章 相关理论与文献综述

2.1 相关理论

2.1.1 演化博弈理论

在传统的博弈论中，主体是处于完全理性的状态，主体的决策是在完全信息条件下进行的，现实经济生活中这种假设前提较难实现。企业在相互的竞争合作中，参与主体由于经济环境和交互博弈的复杂性，以及自身的有限理性，其行为决策往往呈现出差异性。演化博弈理论强调动态演化，且主体是有限理性的状态，认为参与主体是在不断试错学习的过程中达到博弈均衡，其原理与生物进化类似^[5]。演化博弈基于达尔文的生物进化论和拉马克的遗传基因理论，以系统论的视角刻画群体行为的调整过程，从单独个体行为到群体行为的形成机制和影响因素刻画进演化博弈模型中，建立一个具有微观基础的宏观模型，因此演化博弈能够更精准的描述和展示参与主体的复杂性和多样性，为宏观调控群体行为提供理论借鉴依据。

2.1.2 前景理论

前景理论，即展望理论（Prospect Theory）由 Kahneman 和 Tversky^[4]提出，前景理论融入了心理学理论，为在不确定环境下行为人的判断和决策方面做出了贡献。相较于长期以来沿用的理性人假设，前景理论从行为人的心里特征出发，指出行为人在做决策时通常更关注输赢，而并不一定仅从财富的角度看问题，行为人更在乎其获得的收益和损失。前景理论认为主体的行为抉择并不是依赖于结果本身，而是主体对决策结果和预期的差距。行为主体在决策时内心会预设一个参考点（期望值），高于参考点（期望值）的行为抉择就是收益，低于参考点（期望值）的行为抉择就是损失，参考点（期望值）的设立和变化会直接影响行为主体的收益、损失感受，其决策也随之发生改变。

前景理论的数学模型：每个决策行为的最终价值（ V ）由价值函数（ v ）和权重函数（ w ）共同决定。当决策行为结果表现为收益时，价值函数为凹函数，也即是行为主体对收益表现为风险厌恶；当决策行为结果表现为损失时，价值

函数为凸函数，也即是行为主体对损失表现为风险偏好。

2.1.3 随机扰动

现实世界的不确定因素主要是通过引入随机扰动项来进行刻画^[6-9]，环境的不确定性和复杂性会对博弈主体的行为抉择产生扰动，例如突发网络舆情、行业竞争加剧等，将高斯白噪声扰动项加入演化博弈模型能够较好的解决外界不确定因素对行为主体策略选择的影响问题^[6]。直播电商环境复杂多变，商家、网红主播、直播平台以及消费者等多重交互产生的信息不对称问题会对博弈主体的理性决策产生影响，外部竞争和内部个体非理性心理因素干扰均会引发演化过程的突变^[8]，因此引入随机扰动项能够更好地刻画和探索直播电商数据造假和产品质量问题的内部机理和治理对策。

2.2 直播电商发展现状研究

中国互联网信息中心统计数据显示，截至 2023 年 6 月，我国短视频直播用户规模达 10.26 亿，占网民整体的 95.2%。iiMedia Research（艾媒咨询）研究数据表明，2021 年中国直播电商行业的总体规模已经达到 12012 亿元，到 2025 年有望达到 21373 亿元。直播电商新消费模式的发展为传统电子商务行业注入了新活力，促进了我国数字化经济的转型发展。直播电商是一种带货主播（网红、明星、达人）借助网络平台并使用相关技术向消费者进行产品展示、产品试用、问题咨询的新型消费模式^[3]。带货主播作为买家和卖家的连接桥梁，将产品推荐给消费者，使得消费者更加全面的了解产品，促进购物满意度的提升^[10]。带货主播以视频的方式向消费者讲解产品信息，消费者以实时在线评论的方式向带货主播发送相关信息，以此形成直播电商的实时互动沟通闭环^[11]。直播电商的实时互动性相较于传统的以网页图文的形式售卖产品，满足了多维消费者的体验诉求，消费者在观看直播带货的同时，通过发送弹幕与带货主播进行实时对话，其实时对话的信息丰富度峰值和情感极性峰值激发了消费者的购买欲望，提高了产品销售量^[12]，同时直播间的点赞和刷礼物功能满足了消费者的不同心里诉求，从而大幅度提高消费者使用直播购物的意愿^[13]。直播电商最常见的模式是通过网红主播售卖产品，网红发展经历了第一代的文字、第二代的图文，当下进入了音频网红和网红直播带货时代^[1]。在直播带货中，主播的影响力越大，其议价能力往往越强，产品商家、直播平台以及带货团队获取的利润受到

带货主播影响力的正向影响^[14, 15]。其次，直播电商环境差异^[16, 17]、内在特征（主播属性^[18]、沟通风格）、用户差异（消费偏好、关注目标^[19]）等均会对消费者购物行为产生影响^[20]。直播电商的发展极大的提高了消费者购物的便利性，但是网络环境的复杂性、虚拟性，买卖双方的匿名性以及金钱交易关系均会增加直播购物的风险和不确定性，引发信任问题^[21]。

2.3 直播电商存在的问题研究

直播电商在高速发展的同时存在着技术和资本对消费行为的深度控制，认可度和公信力的过度消费、关系经济倚重过度以及监管缺位等诸多问题^[22]。2021 年全国 12315 平台共接收新消费投诉举报 12.3 万件，其中直播带货（10.3 万件）最为突出，占比 83.7%，消费者集中反映的问题集中在两点：一是数据造假，如流量造假、刷单炒信；二是产品质量，如产品掺杂掺假、以假充真。

2.3.1 直播电商数据造假问题

肖勇波等^[3]认为相较于传统的电商，直播电商主体之间交叉复杂的信息不对称问题更容易引发数据欺诈行为，彭正银等^[23]指出流量数据造假不仅会扰乱网络购物市场的秩序，而且会对其他参与者产生传染效应。在网络好评率方面，Wang 等^[24]指出商家正面的评论数据可以获得较高的市场声誉价值，因此商品好评率较高有助于商家取得高于其他同类商品的竞争优势^[25]。徐兵和张阳、Zafar 等^[26, 27]指出商家通过好评返现来提高商品的好评率，从而提高了消费者对商品的质量期望，促使消费者愿意为获取商品而支付更高的价格。魏瑾瑞和王金伟^[28]研究发现商家通过好评返现的投机行为能够提高其信誉评分和对冲掉商品的部分负面评论，从而获得消费者的青睐，提高商品销售量。韩菁等^[29]认为商家在自身产品和服务质量较难提升的情境下，好评返现能够使其在短期内提高商品销售量，获取较高收益。赵英男等^[30]认为消费者主要是通过网络评论来进一步了解商品，平台默认好评数量较多误导了消费者的策略选择。在刷单方面，鲍立江等^[31]认为商家的违规行为主要取决于虚假交易产生的额外成本，当成本较低时，商家会形成囚徒困境，通常会选择刷单炒信。魏瑾瑞和徐晓晴^[32]研究发现小范围的刷单能够提高商家的销售量，且消费者对信誉等级为中等的商家刷单行为容忍度较高。朱星圳等^[33]研究发现当平台和商家为了追求利益而选择刷单炒信时，平台倾向于不对外公布监管处罚结果，此时消费者对商家和平台

信任度下降，在短期内购买意愿明显降低。为降低直播电商使用虚假数据的概率，营造良好的购物环境，如何有效监管直播电商违规行为问题亟需解决。

2.3.2 直播电商产品质量问题

郭延禄等和 Quan 等^[1, 34]指出消费者对产品质量的容忍度受到网红主播与其之间的“虚拟亲密关系”影响，当消费者获得的情感收益较高时（对网红主播的喜爱、崇拜等情感），消费者对低质量产品的容忍度提高，反馈投诉的动力不足，产生“为情怀买单”的冲动购买行为，间接地纵容了网红主播售卖低质量产品的行为。李源和李静^[22]认为商家和主播为了维护和消费者之间的经济关系付出了大量的人力、物力、财力，忽略了产品的品质，造成直播电商脱离产品本身而存在的现象，以及直播电商缺乏外部的有效监管而造成的粗制滥造、三无产品、假冒伪劣产品横行，阻碍了直播电商的正常发展。刘建刚等^[2]指出直播电商各参与主体在行为交互影响的过程中，带货主播滥用消费者的信任，疏于选品导致自身和直播平台的声誉受到损害，如“辛巴糖水燕窝”事件，不仅给消费者带来糟糕的消费体验，主播自身也受到了处罚，平台也承受了相应的损失。何鹏等^[35]认为随着直播电商行业的竞争逐渐加剧，部分网红主播为了获得高效益选择铤而走险，通过谎报、夸大产品质量来提高直播间热度，从而吸引消费者购买产品，实现产品的高销售量，但低质量产品带来的是高退货率，直播电商居高不下的退货率降低了供应链的整体效益。彭正银等^[23]指出商家为了获取更多的消费者资源而采取的假冒伪劣、刷单炒信行为不仅对同行的利益造成损害，也破坏了平台的正常秩序，久而久之就会造成“劣币驱逐良币”的现象，致使直播电商乱象横生。

2.4 直播电商监管策略研究

2.4.1 平台监管层面

中央财经委员会在 2021 年 3 月份的第九次会议上关于促进平台经济健康发展的问题上提出建立健全平台经济的治理体系。当平台的治理体系不完善、监管力度不足、监管效率低下时，难以有效约束平台入驻者的违规行为^[36]。李春发等^[37]研究发现利益需求和损失程度是影响主播和商家策略选择的重要因素，通过提高平台的惩罚力度能够正向促进商家提供高质量产品的概率。张文等^[38]研究发现商家奖励机制和消费者情感宣泄是虚假评论的关键因素，平台改进竞

争排名机制能够减少虚假评论行为。同时，平台还需要着重监管退货率较高的商家和主播，以促进其规范经营管^[35]。Liu 等^[39]认为在产品销售过程中，购物平台建立物联网防伪追溯系统能够屏蔽和举报假冒伪劣商品的商家，采用区块链技术以确保数据真实透明和可追溯性，解决信息不对称的问题^[40]。

2.4.2 政府监管层面

在直播电商的发展过程中，平台电商和商家缔结了组织内委托代理关系，平台在处理商家的不良行为的同时也需要维护受到外部投诉、指责的商家，由此可见，电商行业信用问题的内部监管还需要不断完善，需借助政府部门的外部监管，以制约平台的不恰当行为，构建高效的电商行业信用监管机制^[41]。Jiang 等、Wei 和 She^[42, 43]、李杰等^[44]、李广乾和陶涛^[45]指出政府需要扩大监管覆盖面以确保平台公平公正地对待各类市场主体。Liu 等^[46]认为政府对平台电商售假行为的监管、处罚应根据平台的风险态度来进行调整，当平台为风险中性时，政府可以通过加大处罚力度来形成监管威慑力。胡春华等^[36]认为当直播平台缺乏外部监管时，只凭借消费者的反馈投诉难以促进直播电商的规范化发展，政府通过加强监管和处罚的政策手段可以有效调节直播电商市场，维护消费者基本权益。

2.4.3 多主体协同治理层面

何洪阳等^[7]通过构建不同情形下的博弈理论模型，对比分析政府和平台协同治理的约束条件，研究发现政府根据平台协同能力的差异给予不同的权利空间时，能够实现平台经济协同治理作用的最大化。李广乾和陶涛^[45]指出平台对电商经济的发展至关重要，而平台治理错综复杂，因此需要借助政府部门、平台以及社会各界的共同努力来治理平台经济。刘长玉等^[47]研究了消费者参与协同监管的新模式，指出商家提供合格产品的概率受到政府监管成本、政府处罚程度以及违规产品带给政府经济损失的影响。曲国华等^[48]研究发现消费者的策略选择是以自身所获得的利润为依据的，增加对消费者监督投诉的奖励，能够促进消费者对企业监督投诉的概率，形成多方监管，消费者对商家监督投诉能够有效督促商家合法经营^[49]。

2.5 国内外研究现状评述

对以上相关研究文献的梳理、归纳可以发现，国内外学者对直播电商的发

展、直播电商存在的问题、直播电商的治理等方面开展了大量的研究工作，但直播电商作为新兴产业，且处于高速发展阶段，具有较大的研究空间，主要体现在以下三个方面：

（1）在直播电商发展现状研究方面，以往研究大多是在设定的直播电商环境中分析参与主体之间的行为关系和行为倾向，主要聚焦于客观损益，探索直播电商的运行机制和营销模式。鲜有研究刻画在不确定情况下的人为判断和决策行为，忽略了行为主体的主观偏好和价值感知。目前 Kahneman 和 Tversky^[4]提出的前景理论指出主体的风险偏好行为受到其对收益和损失的感知影响，参照点的差异直接影响着行为主体的得失感受，进而影响其行为抉择，对待“失”倾向于风险追求，对待“得”倾向于风险规避。为使得研究更加贴合现实情景，因此本研究将前景理论和演化博弈理论相结合，分析直播电商发展现状问题，刻画在非理性心理感知因素的作用下利益主体的行为倾向与演变规律。

（2）关于直播电商存在的问题研究方面，主要聚焦于刷单炒信和产品质量问题，但是大多数研究仅分析了直播电商在设定情境下的行为倾向，探索直播电商数据造假和产品质量问题的原因以及产生的影响。直播电商环境充满了不确定性与复杂性，增加了参与主体决策协调的难度，因此通过将高斯白噪声干扰项加入演化博弈模型来进一步分析市场竞争、网络水军诱导、产品质量舆情等直播电商的外界随机扰动因素对参与主体策略选择稳定性的影响，能够更加真实的反映直播电商环境的动态变化，更高效地为应对和解决直播电商发展现状存在的问题。

（3）关于直播电商监管策略的研究，目前较多局限于从传播学、法学的视角来提出直播电商的监管策略，直播电商乱象治理措施主要集中在处罚力度和加强监管方面，且治理主体较为单一，从经济学的视角分析直播电商多主体协调治理策略的研究基础相对薄弱。直播电商参与主体行为决策之间的复杂交互关系容易引发数据造假和产品质量问题，从经济学的角度梳理直播电商多元主体之间的利益关系，并进行决策协调分析，促使参与主体的策略选择达到较为理想的稳定均衡状态，能够有效约束参与主体的行为规范，促进直播电商行业规范化发展。

第3章 多主体协同视域下直播电商数据监管博弈分析

由于网络的虚拟性，直播电商中存在着不同程度的信息不对称现象，消费者难以判断直播间流量数据以及产品销售量的真实状况。直播电商参与主体进行数据（产品销量、直播间流量、网红主播粉丝数量等）造假来包装劣质产品现象频出，为了抑制直播电商参与主体数据造假的违规行为，净化网络直播环境，维护社会信用，促使直播电商参与主体更加关注产品本身质量，本章针对直播电商数据监管构建演化博弈模型，寻求多主体间策略选择的稳定均衡状态条件以及博弈策略的动态调整过程。

3.1 问题描述与研究假设

3.1.1 问题描述

在直播电商市场的优胜劣汰中，众多参与主体均采取适应性的学习行为，即符合有限理性的群体行为特征。因此，本文构建演化博弈模型，在政府参与下分析博弈主体之间的利益冲突和最优决策。

根据主体之间的关系构建直播电商虚假数据监管的博弈模型见图 3-1。

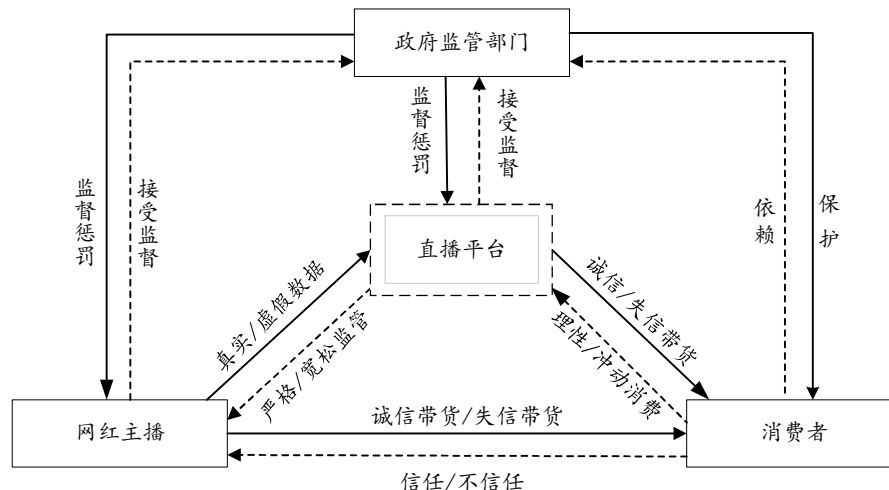


图 3-1 直播电商虚假数据监管博弈模型逻辑关系

3.1.2 研究假设

为构建基于数字智能化时代背景下直播电商虚假数据监管四方演化博弈模型，研究政府参与下直播电商的虚假数据监管策略，参照文献^[1, 23, 31, 41, 50-52]，本文做如下假设：

（1）博弈主体

研究涉及四类利益主体^[1, 41]，分别为网红主播、直播平台、政府监管部门和消费者，假设各参与主体均为有限理性。

（2）博弈主体行为策略

根据郭延禄等^[1]设定的策略集合，本文对博弈主体的策略集合设定如下：

网红主播。在直播带货中，网红主播出于长期合作发展的需要，把消费者对自己的信任放置首位，选择“诚信带货”的概率为 x ；为了获取商家资源与消费者关注，采用虚假数据刺激消费者非理性消费，选择“失信带货”策略的概率为 $1-x$ ， $x \in [0, 1]$ 。

直播平台。网红主播通过直播平台销售商品，直播平台维护直播电商秩序对网红主播的违规行为进行监管和惩罚，积极履行企业社会责任，选择“积极监管”的概率为 y ，直播平台对网红主播的不规范行为采取容忍态度，“消极监管”的概率为 $1-y$ ， $y \in [0, 1]$ 。

消费者。消费者能够通过多种渠道理性分辨数据的真实性，进行“理性消费”的概率为 r ，消费者被“秒杀促销”、大额优惠券、偶像带货等影响，“冲动消费”的概率为 $1-r$ ， $r \in [0, 1]$ 。

政府监管部门。政府监管部门在演化博弈过程中策略有两种：“严格监管”和“宽松监管”。本文假定政府监管部门选择严格监管的概率为 z ，不监管或者监管不到位称为宽松监管，宽松监管的概率为 $1-z$ ， $z \in [0, 1]$ 。

（3）损益变量的设定

改进文献^[1, 23, 31, 41]参数设置，本文假设网红带货主播诚信带货会获得产品销售收入增加、声誉价值提高、忠实粉丝增加等收益为 A_1 ，诚信带货前期需要投入大量的时间和精力、需要更专业的团队支持从而吸引大量粉丝，所耗用的成本为 C_{p1} ，选择失信带货时获得的收益为 A_2 ，失信带货刷单、刷流量、直播互动等成本为 C_{p2} 。直播平台的收益来源于观看量、点击率、粉丝刷礼物等，即网红主播进行直播带货会给平台带来收益，直播平台积极监管的收益为 B_1 ，成本为 C_{l1} ，消极监管的收益为 B_2 ，成本为 C_{l2} 。消费者理性消费会通过不同渠道分辨数据的真实性，辨别成本为 C_n 。若网红主播失信带货，出现刷单、刷流量

等投机行为，其信誉、带货商品都会遭到质疑，流量、经济损失为 L_p ，直播平台的观看人数、忠实用户等流量降低，综合损失为 Q 。

政府监管部门严格监管成本为 C_{g1} ；宽松监管成本为 C_{g2} 。若政府监管部门能在直播带货前对直播平台以及网红主播进行预监管，发现不正当交易、虚假宣传、虚假促销、监管缺位等违规行为，阻止网红主播进行直播带货，并对网红主播和直播平台进行一定的惩罚分别为 m 、 n ，从而降低消费者的损失，保护消费者权益，对其他网红主播和直播平台也有警示作用。假设存在网络打假组织协助直播平台对直播带货数据进行监督的可能性为 θ ，对直播带货数据的事中和事后监督能有效降低消费者和政府的潜在损失，消费者和政府获得的效益分别为 H_p 、 H_g 。

根据于天阳等^[52]的研究，假设网红主播的影响力系数为 h ， $h \in [0, 1]$ ，也即是该网红主播带货行为会对消费者的购买决策产生影响，影响到的人群所占比例为 h 。网红带货主播诚信带货，能够保护消费者权益，营造健康的直播环境，消费者能够获得收益 E_r ，政府能够获得社会效益 F_g ；网红带货主播失信带货，诱导消费者做出非理性行为来谋取利益，助推了整个行业的浮躁气息，破坏了网红直播带货市场的公平竞争秩序，给消费者造成经济损失 f 、情感损失（消费者对网红主播的信任、喜欢） T ，给政府带来的损失为 e 。

3.2 模型构建及策略稳定性分析

3.2.1 博弈模型构建

根据上述问题描述和模型假设，得出直播电商虚假数据监管的四方博弈收益矩阵如表 3-1 所示。

3.2.2 各博弈主体策略稳定性分析

（1）网红主播带货策略稳定性分析

根据表 3-1 的收益矩阵，可得网红主播诚信带货的收益为 U_x ，表达式为：

$$U_x = hA_1 - hC_{p1} \quad (3-1)$$

失信带货的收益为 U_{1-x} ，表达式为：

$$U_{1-x} = h(1-z)[-C_{p2} - (1-y)(A_2(-1+r) + ((1-\theta)r + \theta)L_p)] - hz[C_{p2} + (1-y)m] \quad (3-2)$$

表 3-1 直播电商虚假数据监管四方博弈收益矩阵

策略选择		政府监管部门				
		直播平台	严格监管(z)		宽松监管(1-z)	
			消费者			
		理性消费	冲动消费	理性消费	冲动消费	
		(r)	(1-r)	(r)	(1-r)	
带货主播	诚信带货(x)	积极监管(y)	$A_1 - C_{p1}$	$A_1 - C_{p1}$	$A_1 - C_{p1}$	$A_1 - C_{p1}$
			$F_g - C_{g1}$	$F_g - C_{g1}$	$F_g - C_{g2}$	$F_g - C_{g2}$
			$B_1 - C_{l1}$	$B_1 - C_{l1}$	$B_1 - C_{l1}$	$B_1 - C_{l1}$
			$E_r - C_n$	E_r	$E_r - C_n$	E_r
	消极监管(1-y)	$A_1 - C_{p1}$	$A_1 - C_{p1}$	$A_1 - C_{p1}$	$A_1 - C_{p1}$	
		$F_g - C_{g1}$	$F_g - C_{g1}$	$F_g - C_{g2}$	$F_g - C_{g2}$	
		$B_2 - C_{l2}$	$B_2 - C_{l2}$	$B_2 - C_{l2}$	$B_2 - C_{l2}$	
		$E_r - C_n$	E_r	$E_r - C_n$	E_r	
失信带货(1-x)	积极监管(y)	$-C_{p2}$	$-C_{p2}$	$-C_{p2}$	$-C_{p2}$	
		0	0	0	0	
		$-C_{l1}$	$-C_{l1}$	$-C_{l1}$	$-C_{l1}$	
		0	0	0	0	
消极监管(1-y)	$-C_{p2} - m$	$-C_{p2} - m$	$-C_{p2} - L_p$	$A_2 - C_{p2} - \theta L_p$		
	$-C_{g1} + m + n$	$-C_{g1} + m + n$	$-C_{g2}$	$\theta H_g - C_{g2} - e$		
	$-C_{l2} - n$	$-C_{l2} - n$	$-C_{l2} - Q$	$B_2 - C_{l2} - \theta Q$		
	0	0	$-C_n$	$\theta H_p - f - T$		

平均期望收益为 $\bar{U}$ ，表达式为：

$$\bar{U} = xU_x + (1-x)U_{1-x} \quad (3-3)$$

因此网红主播的复制动态方程表达式为：

$$F(x) = dx/dt = x(U_x - \bar{U}) = hx(1-x)\{A_1 - (1-y)(1-z)(1-r)A_2 + (1-y)(1-z)[r + (1-r)\theta]L_p + (1-y)zm + C_{p2} - C_{p1}\} \quad (3-4)$$

$F(x)$ 关于 x 求导，可得：

$$F'(x) = h(1-2x)\{A_1 - (1-y)(1-z)(1-r)A_2 + (1-y)(1-z)[r + (1-r)\theta]L_p + (1-y)zm + C_{p2} - C_{p1}\} \quad (3-5)$$

由微分方程稳定性定理可得网红主播选择诚信带货的概率处于稳定状态必须满足： $F(x)=0$ 且 $F'(x)<0$ 。

命题 1：当 $r > r_0$ 时，网红主播稳定于诚信带货；当 $r < r_0$ 时，其稳定策略是失信带货；当 $r = r_0$ 时，稳定策略无法确定；其中阈值：

$$r_0 = \{C_{p1} - C_{p2} - A_1 + (1-y)(1-z)A_2 - (1-y)zm - (1-y)(1-z)\theta L_p\} / \{(1-y)(1-z)A_2 + (1-y)(1-z)(1-\theta)L_p\}$$

证明：令 $G(r) = (1-y)(1-z)[r + (1-r)\theta]L_p + (1-y)zm - (1-y)(1-z)(1-r)A_2 + A_1 - C_{p1} + C_{p2}$ ， $\partial G(r)/\partial r > 0$ ，因此 $G(r)$ 是关于 r 的增函数。当 $r < r_0$ 时， $G(r) < 0$ ， $F(x)|_{x=0} = 0$ 且 $F'(x)|_{x=0} < 0$ ，则 $x=0$ 具有稳定性；当 $r > r_0$ 时， $G(r) > 0$ ， $F(x)|_{x=1} = 0$ 且 $F'(x)|_{x=1} < 0$ ，则 $x=1$ 具有稳定性；当 $r = r_0$ 时， $G(r) = 0$ ， $F(x) = 0$ 且 $F'(x) = 0$ ，不能确定稳定策略。

命题 1 表明：消费者理性消费的概率较高时，网红主播使用虚假数据带货的综合效益损失大于效益增值，其策略倾向于诚信带货；反之，消费者理性分辨的能力薄弱时，网红主播使用虚假数据营销能够获得超额利润，其策略会逐渐稳定于失信带货。

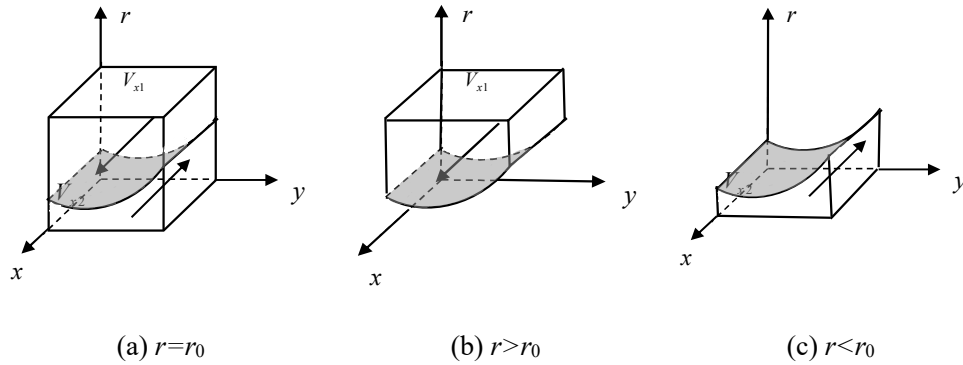


图 3-2 网红带货主播策略选择的相位图

根据命题 1，网红主播带货策略选择的相位图见图 3-2。其中， V_{x1} 的体积代表网红主播诚信带货的概率， V_{x2} 的体积代表网红主播失信带货的概率，令 $k = zm + (1-z)\theta L_p - (1-z)A_2$ ， $W = A_1 + C_{p2} - C_{p1}$ ， $S = A_2 + (1-\theta)L_p$ ，计算可得：

$$V_{x1} = \int_0^1 \int_0^1 [1 - W / (-k - (1-z)rs)] dx dr = 1 - [W / (1-z)S] \ln[k / (zm + (1-z)L_p)]$$

$$V_{x2} = 1 - V_{x1} = [W / (1-z)S] \ln[k / (zm + (1-z)L_p)]$$

推论 1：针对直播电商使用虚假数据诱导消费者冲动消费行为，直播平台要与政府监管部门联动监管，落实、完善监管机制，引导消费者理性消费，当网红主播使用虚假数据诱导消费者的违规成本大于失信带货的综合效益增值时，随着时间的推移，横截面将向下浮动，区域 V_{x1} 的体积增加，网红主播诚信带货的概率增大。

证明：根据命题 1，消费者理性消费，网红主播使用虚假数据诱导消费者的违规成本大于失信带货的综合效益增值，网红主播选择诚信带货的概率为 V_{x1} ，对 L_p 求一阶偏导得：

$$\begin{aligned} \partial V_{x1} / \partial L_p = & [(A_1 + C_{p2} - C_{p1}) / (1 - z)(A_2 + L_p - \theta L_p)] \{ (1 - \theta) \ln[(A_2(z - 1) + mz - \theta(z - 1)L_p) \\ &) / (zm + L_p - zL_p)] + ((1 - z)(A_2(-1 + z) + (1 - \theta)zm)(A_2 + L_p - \theta L_p) \ln[(A_2(z - 1) + mz - \\ & \theta(z - 1)L_p) / (zm + L_p - zL_p)] / (zm + L_p - zL_p)^2 \} > 0, \end{aligned}$$

即网红主播的综合效益损失与诚信带货概率呈正相关关系。

推论 1 表明：网红主播使用虚假数据诱导消费者的违规成本较低时，为了谋取更大的利润，会产生虚假促销、刷单炒信、假冒伪劣等投机行为，利用虚假数据诱导消费者冲动消费。因此，政府监管部门需要尽快完善监管机制，提高网红主播失信带货违规成本，引导消费者理性消费，敦促直播平台优化数据监管程序，落实直播电商的惩罚机制，随着消费者理性辨别能力的提高，网红主播的策略会逐渐稳定于诚信带货。

(2) 政府监管部门策略选择稳定性分析

同理可得政府部门严格监管的收益为 U_z ，表达式为：

$$U_z = hx(F_g - C_{g1}) + (1 - x)(1 - y)(m - C_{g1} + n)h \quad (3-6)$$

宽松监管的收益为 U_{1-z} ，表达式为：

$$U_{1-z} = xh(F_g - C_{g2}) + (1 - x)h[-r(1 - y)C_{g2} + (1 - r)(1 - y)(\theta H_g - C_{g2} - e)] \quad (3-7)$$

平均期望收益为 $\bar{U}$ ，表达式为：

$$\bar{U} = zU_z + (1 - z)U_{1-z} \quad (3-8)$$

因此政府监管部门的复制动态方程表达式为：

$$\begin{aligned} F(z) = dz / dt = & z(U_z - \bar{U}) = hz(1 - z) \{ [x + (1 - x)(1 - y) \\ &](C_{g2} - C_{g1}) + (1 - x)(1 - y)[m + (1 - r)(e - \theta H_g) + n] \} \end{aligned} \quad (3-9)$$

$F(z)$ 关于 z 求导，可得：

$$F'(z) = h(1 - 2z) \{ [x + (1 - x)(1 - y)](C_{g2} - C_{g1})$$

$$+(1-x)(1-y)[m+(1-r)(e-\theta H_g)+n]\} \quad (3-10)$$

同理政府严格监管策略处于稳定状态必须满足： $F(z)=0$ ， $F'(z)<0$ 。

命题 2：当 $r > r_0$ 时，政府监管部门的稳定策略是宽松监管；当 $r < r_0$ 时，政府监管部门的策略是严格监管；当 $r = r_0$ 时，稳定策略无法确定。其中阈值： $r_0 = 1 - [(x + (1-x)(1-y))(C_{g1} - C_{g2}) - (1-x)(1-y)(m+n)] / [(1-x)(1-y)(e - \theta H_g)]$ 。

证明：令 $Q(r) = (x + (1-x)(1-y))(C_{g2} - C_{g1}) + (1-x)(1-y)[m + (1-r)(e - \theta H_g) + n]$ ， $\partial Q(r) / \partial r < 0$ ，因此 $Q(r)$ 关于 r 是减函数。 $r > r_0$ 时， $Q(r) < 0$ ， $F(z)|_{z=0} = 0$ 且 $F'(z)|_{z=0} < 0$ ，则 $z=0$ 具有稳定性；当 $r < r_0$ 时， $Q(r) > 0$ ， $F(z)|_{z=1} = 0$ 且 $F'(z)|_{z=1} < 0$ ，则 $z=1$ 具有稳定性；当 $r = r_0$ 时， $Q(r) = 0$ ， $F(z) = 0$ 且 $F'(z) = 0$ ，无法确定稳定策略。

命题 2 表明：当消费者理性消费概率较高时，政府严格监管的活跃度降低，逐渐稳定于宽松监管；反之，消费者理性分辨能力薄弱时，购买策略主要受低价、冲动驱使，政府监管部门完善监管机制，能够有效保护消费者权益，因此政府部门逐渐稳定于严格监管。

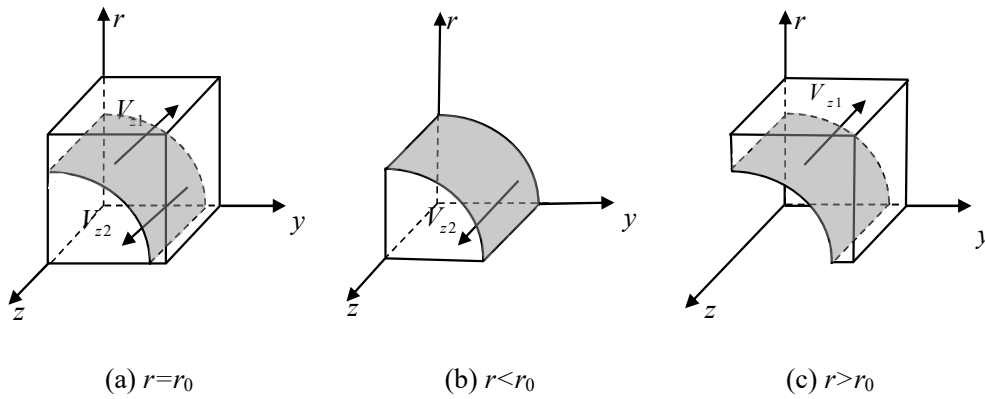


图 3-3 政府监管部门监管策略选择的相位图

根据命题 2，政府监管部门监管策略选择的相位图见图 3-3。其中， V_{z1} 的体积代表政府部门宽松监管的概率， V_{z2} 的体积代表政府部门严格监管的概率。令 $L = x(C_{g1} - C_{g2}) / [(1-x)(e - \theta H_g - C_{g1} + C_{g2} - n - m)]$ ，计算可得：

$$V_{z2} = \int_0^1 \int_0^1 \{1 - [(x + (1-x)(1-y))(C_{g1} - C_{g2}) + (1-x)(1-y)(m+n)] / [(1-x)(1-y)(e -$$

$$\theta H_g)]\}dydz = 1 - \{(1-x)(m+n) + C_{g1} - C_{g2} - x(C_{g1} - C_{g2})\ln L\} / (1-x)(e - \theta H_g)$$

$$V_{z1} = 1 - V_{z2} = \{(1-x)(m+n) + C_{g1} - C_{g2} - x(C_{g1} - C_{g2})\ln L\} / (1-x)(e - \theta H_g)$$

推论 2：使用虚假数据诱导消费者带来的综合损失显著影响政府监管部门的策略选择。网红主播受到利益驱使会使用虚假数据诱导消费者冲动消费，这种违规行为最终会对直播带货行业造成恶劣影响，虚假数据的滋生速度加快，扰乱网络商品交易市场的竞争秩序，为了维护经济市场的健康有序发展，政府部门严格监管的活跃度增加。

证明：由政府监管部门选择严格监管的概率 V_{z2} ，对虚假数据给社会造成的损失 e 求一阶偏导数可得： $\partial V_{z2} / \partial e = \{(1-x)[(m+n)(1-x) + C_{g1} - C_{g2} - x(C_{g1} - C_{g2})\ln L] - (e - \theta H_g)L^2 \ln' L\} / (1-x)^2 (e - \theta H_g)^2 > 0$ ，即虚假数据带来的社会损失与政府监管部门严格监管概率成正相关关系。

推论 2 表明：政府严格监管概率与直播电商使用虚假数据给社会带来的损失呈正相关关系。在一个充满虚假数据的直播购物环境中，消费者的权益无法得到保障，对网红主播的信任也会逐渐消失，这种情况严重危害社会经济发展，因此政府监管部门有必要完善监管机制，严惩数据造假行为，净化直播电商环境。

(3) 直播平台监管策略稳定性分析

同理可得直播平台积极监管的收益为 U_y ，表达式为：

$$U_y = h[x(B_1 - C_{l1}) - (1-x)C_{l1}] \quad (3-11)$$

消极监管的收益为 U_{1-y} ，表达式为：

$$U_{1-y} = h\{[x + (1-x)(1-z)(1-r)]B_2 - C_{l2} - (1-x)(1-z)[-r + (-1+r)\theta]Q - (1-x)zn\} \quad (3-12)$$

平均期望收益为 $\bar{U}$ ，表达式为：

$$\bar{U} = yU_y + (1-y)U_{1-y} \quad (3-13)$$

因此直播平台的复制动态方程表达式为：

$$F(y) = dy / dt = y(U_y - \bar{U}) = hy(1-y)\{(1-x)(1-z)[r + (1-$$

$$r)\theta]Q+(1-x)zn+xB_1-[x+(1-x)(1-z)(1-r)]B_2+C_{l2}-C_{l1}\} \quad (3-14)$$

$F(y)$ 关于 y 求导, 可得:

$$\begin{aligned} F'(y) = & h(1-2y)\{(1-x)(1-z)[r+(1-r)\theta]Q+(1-x)zn \\ & +C_{l2}+xB_1-[x+(1-x)(1-z)(1-r)]B_2-C_{l1}\} \end{aligned} \quad (3-15)$$

同理直播平台积极监管处于稳定状态必须满足: $F(y)=0$, $F'(y)<0$ 。

命题 3: 当 $z > z_0$ 时, 直播平台稳定于积极监管; 当 $z < z_0$ 时, 稳定策略是消极监管; 当 $z = z_0$ 时, 稳定策略无法确定。其中阈值 $z_0 = [(1-x)(1-r)B_2 + C_{l1} - C_{l2} - x(B_2 - B_1) - (1-x)(r + (1-r)\theta)Q] / [(1-x)n + (1-x)(1-r)B_2 - (1-x)(r + (1-r)\theta)Q]$

证明: 令 $R(z) = (1-x)(1-z)[r+(1-r)\theta]Q + (1-x)zn + xB_1 + C_{l2} - [x+(1-x)(1-z)(1-r)]B_2 - C_{l1}$, $\partial R(z)/\partial z > 0$, 因此 $R(z)$ 是关于 z 的增函数。当 $z > z_0$ 时, $R(z) > 0$, $F(y)|_{y=1} = 0$ 且 $F'(y)|_{y=1} < 0$ 则 $y=1$ 具有稳定性; 当 $z < z_0$ 时, $R(z) < 0$, $F(y)|_{y=0} = 0$ 且 $F'(y)|_{y=0} < 0$, 则 $y=0$ 具有稳定性; 当 $z = z_0$ 时, $R(z) = 0$, $F(y) = 0$ 且 $F'(y) = 0$, 无法确定稳定策略。

命题 3 表明: 当政府部门严格监管的概率较高时, 直播平台积极监管的意愿提高, 随着时间的推移, 选择“积极监管”策略的概率将稳定于 1; 反之, 直播平台积极监管的意愿降低, 选择“消极监管”策略的概率将稳定于 1。

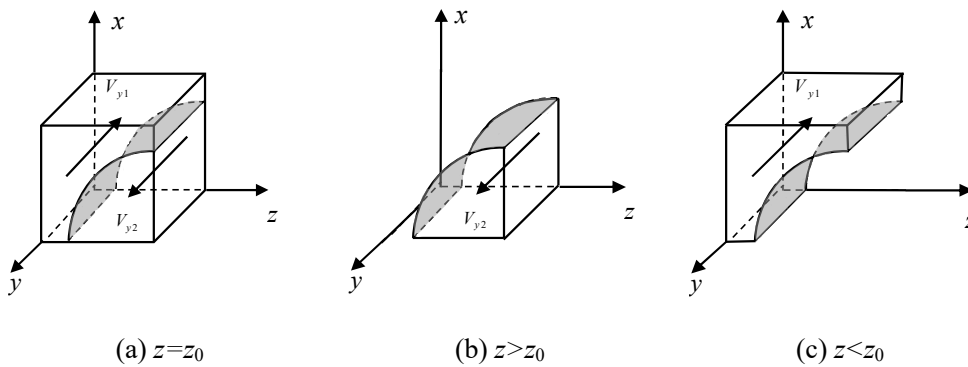


图 3-4 直播平台监管策略选择的相位图

根据命题 3, 直播平台监管策略的相位图见图 3-4。其中, V_{y1} 的体积代表直播平台消极监管的概率, V_{y2} 的体积代表直播平台积极监管的概率。令,

$$Y = (1-x)n + (1-x)(1-r)B_2 - (1-x)[r + (1-r)\theta]Q, \quad J = C_{l1} - C_{l2},$$

$\phi = (1-r)B_2 + n - [r + (1-r)\theta]Q$ ，计算可得：

$$V_{y2} = \int_0^1 \int_{\frac{n}{n}}^1 [1 - (((1-x)n - J)/Y)] dz dy = (n - J + J \ln J / n) / \phi$$

$$V_{y1} = 1 - V_{y2} = 1 - (n - J + J \ln J / n) / \phi。$$

推论 3：直播平台的演化趋势受到政府监管部门策略选择的影响。随着使用虚假数据诱导消费者冲动消费带来的负面影响加重，政府监管部门惩罚力度增加，直播平台宽松监管投机成本增加，当满足 $n > C_{l1} - C_{l2}$ 时，即直播平台积极监管与消极监管的成本差值小于消极监管时受到政府监管部门对其的惩罚，直播平台的策略演化轨迹逐渐稳定于积极监管。

证明：由直播平台积极监管的概率 V_{y2} ， $n > C_{l1} - C_{l2}$ ，分别对 n ， Q 求一阶偏导数可得： $\partial V_{y2} / \partial n = (J + n + J \ln(J / n)) / \phi^2 + (1 - J^2 \ln'(J / n) / n^2) / \phi > 0$ ， $\partial V_{y2} / \partial Q = [(r + (1-r)\theta)(n - J + J \ln J / n)] / \phi^2 > 0$ ，即直播平台积极监管的概率与消极监管受到的综合效益损失、政府监管部门的处罚呈正相关关系。

推论 3 表明：直播平台积极监管的概率受到政府严格监管的正向影响，直播平台对直播电商数据监督的概率与直播平台消极监管违规损失、政府惩罚额呈正相关关系。针对网红直播带货使用虚假数据的投机行为，政府监管部门需要加强直播平台违规操作的惩罚力度，使其消极监管综合效益增值小于政府严格监管对其投机行为处罚的违规成本和声誉价值损失成本，加速直播平台策略演化轨迹稳定于积极监管。

(4) 消费者博弈策略稳定性分析

同理可得消费者理性消费的收益为 U_r ，表达式为：

$$U_r = hx(E_r - C_n) - (1-x)(1-y)(1-z)hC_n \quad (3-16)$$

冲动消费的收益为 U_{1-r} ，表达式为：

$$U_{1-r} = hx E_r + (1-x)(1-y)(1-z)(-f - T + \theta H_p)h \quad (3-17)$$

消费者的平均期望收益为 $\bar{U}$ ，表达式为：

$$\bar{U} = rU_r + (1-r)U_{1-r} \quad (3-18)$$

因此消费者的复制动态方程表达式为：

$$F(r) = dr/dt = r(U_r - \bar{U}) = hr(1-r)[(1-x)(1-y)(1-z)(f+T-\theta H_p - C_n) - xC_n] \quad (3-19)$$

$F(r)$ 关于 r 求导，可得：

$$F'(r) = h(1-2r)[(1-x)(1-y)(1-z)(f+T-\theta H_p - C_n) - xC_n] \quad (3-20)$$

同理可得消费者策略处于稳定状态必须满足： $F(r)=0$ ， $F'(r)<0$ 。

命题 4：当 $y < y_0$ 时，消费者稳定于理性消费；当 $y > y_0$ 时，消费者稳定于冲动消费；当 $y = y_0$ 时，无法确定稳定策略。其中阈值为： $y_0 = 1 - xC_n / [(1-x)(1-z)(f+T-\theta H_p - C_n)]$ 。

证明：令 $K(y) = (1-x)(1-y)(1-z)(f+T-\theta H_p - C_n) - xC_n$ ， $\partial K(y) / \partial y < 0$ ，所以 $K(y)$ 是关于 y 的减函数。当 $y > y_0$ 时， $K(y) < 0$ ， $F(r)|_{r=0} = 0$ 且 $F'(r)|_{r=0} < 0$ ，则 $r=0$ 具有稳定性；当 $y < y_0$ 时， $K(y) > 0$ ， $F(r)|_{r=1} = 0$ 且 $F'(r)|_{r=1} < 0$ ，则 $r=1$ 具有稳定性；当 $y = y_0$ 时， $K(y) = 0$ ， $F(r) = 0$ 且 $F'(r) = 0$ ，无法确定稳定策略。

命题 4 表明：当直播平台积极监管的意愿较高时，消费者理性消费的概率将逐渐稳定于 0。反之，直播平台宽松监管，网红主播为了追求超额利润，利用虚假数据欺骗消费者，久而久之会失去消费者的信任，消费者选择“理性消费”的概率将逐渐稳定于 1。

根据命题 4，消费者策略选择的相位图见 3-5。其中， V_{r1} 的面积代表消费者冲动消费的概率， V_{r2} 的面积代表消费者理性消费的概率。令 $D = (1-z)I / ((1-z)I + C_n)$ ， $I = f + T - \theta H_p - C_n$ ，计算得：

$$\begin{aligned} V_{r2} &= \int_0^1 \int_0^D [1 - xC_n / ((1-x)(1-z)I)] dx dr = 1 - \\ &\quad \{C_n / [(1-z)I]\} \ln[((1-z)(f+T-\theta H_p) + C_n) / C_n] \\ V_{r1} &= 1 - V_{r2} = \{C_n / [(1-z)I]\} \ln[((1-z)(f+T-\theta H_p) + C_n) / C_n] \end{aligned}$$

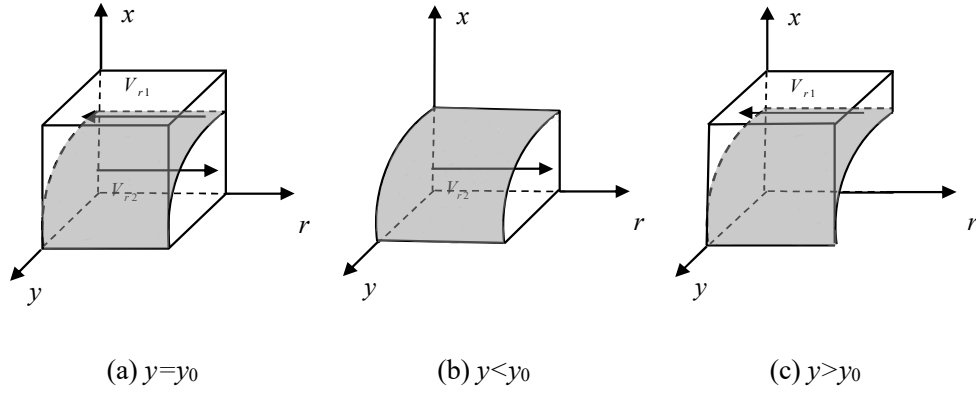


图 3-5 消费者策略选择的相位图

推论 4：消费者理性消费的概率随着网络打假组织对直播带货虚假数据监督的概率提高而降低。当满足条件 $f+T < \theta H_p$ ，即虚假数据给消费者造成的财务损失、情感损失小于网络打假组织监督网红直播带货带来的效益增值时，虚假数据营销给消费者带来的综合效益损失正向影响消费者理性消费的概率。

证明：由消费者理性消费的概率 V_{r2} ， $f+T < \theta H_p$ ，对 θ 、 $(T+f)$ 求一阶偏导数可得：

$$\frac{\partial V_{r2}}{\partial \theta} = -C_n H_p \ln[(C_n + (1-z)(f - \theta H_p + T)) / C_n] - H_p \ln'[(C_n + (1-z)(f - \theta H_p + T)) / C_n] / (C_p - f + T + \theta H_p) < 0$$

$$\frac{\partial V_{r2}}{\partial (f+T)} = C_n \ln[(C_n + (1-z)(f - \theta H_p + T)) / C_n] / [(1-z)(T - C_p + f - \theta H_p)^2] + \ln'[(C_n + (1-z)(f + T - \theta H_p)) / C_n] / (C_p - f + T + \theta H_p) > 0$$

推论 4 表明：消费者理性消费的概率与虚假数据给其带来的损失呈正相关关系。网络打假组织的存在降低了网红主播失信带货的概率，如果消费者倾向于理性消费，网络打假组织对直播电商数据监督的概率将降低。网络打假组织对回拨电商数据进行监督时，虚假数据被检测到的概率增加，网红主播使用虚假数据诱导消费者的潜在违规成本增加，其策略逐渐趋向于诚信带货，消费者的权益得到保障，可选择直接消费。

3.2.3 直播电商博弈策略组合演化稳定性分析

四方参与的复制动态系统中，用 Lyapunov 第一法则来判断策略组合的稳定性。Selten^[53]表明多种群演化博弈中呈现出的稳定解一定为纯策略均衡解。因

此，本文将对政府监管部门、网红主播、直播平台、消费者博弈中的 16 种纯策略均衡点进行相应的稳定性分析，把网红主播选择诚信带货的组合称为“理想”和“不太理想”，把网红主播选择“失信带货”的组合称为“不理想”。

依据参与主体的复制动态方程，可得 Jacobian 矩阵如下：

$$J = \begin{pmatrix} J_1 & J_2 & J_3 & J_4 \\ J_5 & J_6 & J_7 & J_8 \\ J_9 & J_{10} & J_{11} & J_{12} \\ J_{13} & J_{14} & J_{15} & J_{16} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \partial F(x)/\partial x & \partial F(x)/\partial z & \partial F(x)/\partial y & \partial F(x)/\partial r \\ \partial F(z)/\partial x & \partial F(z)/\partial z & \partial F(z)/\partial y & \partial F(z)/\partial r \\ \partial F(y)/\partial x & \partial F(y)/\partial z & \partial F(y)/\partial y & \partial F(y)/\partial r \\ \partial F(r)/\partial x & \partial F(r)/\partial z & \partial F(r)/\partial y & \partial F(r)/\partial r \end{pmatrix}$$

(1) 政府严格监管下系统稳定性分析

当政府部门选择严格监管直播电商时，需要满足条件① $x(C_{g2}-C_{g1})+(1-x)(1-y)[(1-r)(e-\theta H_g)+n+m+C_{g2}-C_{g1}]>0$ ，如表 3-2 所示为该系

表 3-2 政府严格监管下复制动态系统均衡点渐进稳定性分析

均衡点	特征值 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4	正负符号	稳定性	理想程度
(0,1,0,0)	$hA_1+hm+h(C_{p2}-C_{p1}),hC_{g1}+hH_g-hm-hn-hC_{g2},hn+h(C_{l2}-C_{l1}),0$	+,*,*,0	不稳定	不理想
(0,1,1,0)	$hA_1+h(C_{p2}-C_{p1}),0,h(C_{l2}-C_{l1}),0$	+,0,-,0	不稳定	不理想
(1,1,0,0)	$h(C_{p1}-C_{p2})-hA_1-hm, h(C_{g1}-C_{g2}), h(C_{l2}-C_{l1}),-hC_n$	-,+,-,-	不稳定	理想
(0,1,0,1)	$hA_1+hm+h(C_{p2}-C_{p1}),hC_{g1}+hH_g-hm-hn,hn+h(C_{l2}-C_{l1}),0$	+,*,+,0	不稳定	不理想
(1,0,1,1)	$h(C_{p1}-C_{p2})-hA_1-hm,h(C_{g1}-C_{g2}), h(C_{l1}-C_{l2}),hC_n$	-,+,+,+	不稳定	不太理想
(1,1,1,0)	$h(C_{p1}-C_{p2})-hA_1,h(C_{g1}-C_{g2}), h(C_{l2}-C_{l1}),-hC_n$	-,+,-,-	不稳定	理想
(0,1,1,1)	$hA_1+h(C_{p2}-C_{p1}),0,hC_{l1}-hn-hC_{l2},0$	+,0,-,0	不稳定	不理想
(1,1,1,1)	$h(C_{p1}-C_{p2})-hA_1,h(C_{g1}-C_{g2}),h(C_{l1}-C_{l2}),hC_n$	-,+,-,+	不稳定	不太理想

注：*表示正负符号不确定，若不满足条件①，则为不稳定点

从表 3-2 中可以看出，政府部门严格监管时不存在纯策略稳定点。基于上述分析，网红主播诚信带货的意愿随着政府严格监管概率的提高而增强，即网红主播选择诚信带货、直播平台倾向于消极监管、政府稳定于严格监管，但是这

个策略是不稳定的，随着时间的推移，政府监管部门的策略产生变化，为了降低监管成本，其策略最终将稳定于宽松监管，此时网红主播为了短暂的超额利润而选择失信带货，长此以往，直播电商市场乱象依旧难以治理。对虚假数据监管本身具有一定的难度，政府监管部门必须要加快完善立法，对直播电商进行适当监管，鼓励网络打假组织对直播带货数据进行监督，引导消费者理性消费，从而提高网红主播诚信带货的概率。

(2) 政府宽松监管下系统稳定性分析

当政府监管部门选择宽松监管直播电商时，此时需要满足条件② $x(C_{g2}-C_{g1})+(1-x)(1-y)[m+(1-r)(e-\theta H_g)+n+C_{g2}-C_{g1}]<0$ ，复制动态系统均衡点的渐进稳定分析见表 3-3。

表 3-3 政府宽松监管下复制动态系统均衡点渐进稳定性分析

均衡点	特征值 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4	正负符号	稳定性	理想程度
(0,0,0,0)	$h(C_{p2}-C_{p1})+h\theta L_p, h(C_{g1}-\theta H_g+m+n+e-C_{g2}), h(\theta Q-B_2+C_{l2}-C_{l1}), h(f+T-C_n-\theta H_p)$	*, -, -, *	ESS(条件 3)	不理想
(0,0,1,0)	$hA_1-h(C_{p1}+C_{p2}), 0, h(B_2-\theta Q-h(C_{l2}+C_{l1})), 0$	+, 0, *, 0	不稳定	不理想
(1,0,0,0)	$h(C_{p1}-C_{p2})-h\theta L_p, h(C_{g2}-C_{g1}), h(C_{l2}-C_{l1}), -hC_n$	*, -, -, -	ESS(条件 4)	理想
(0,0,0,1)	$hA_1+hL_p+h(C_{p2}-C_{p1}), hm+hn-hC_{g1}+hC_{g2}, hQ-hC_{l2}-hC_{l1}, hC_n-h(f+T)+h\theta H_p$	+, +, +, *	不稳定	不理想
(1,0,0,1)	$h(C_{p1}-C_{p2})-hA_1-hL_p, h(C_{g1}-C_{g2}), h(C_{l1}-C_{l2}), hC_n$	-, -, +, +	不稳定	不太理想
(1,0,1,0)	$h(C_{p1}-C_{p2})-hA_1, h(C_{g1}-C_{g2}), h(C_{l1}-C_{l2}), -hC_n$	-, -, +, -	不稳定	理想
(0,0,1,1)	$hA_1+h(C_{p2}-C_{p1}), 0, hC_{l1}-hQ-hC_{l2}, 0$	+, 0, -, 0	不稳定	不理想
(1,0,1,1)	$h(C_{p1}-C_{p2})-hA_1, h(C_{g1}-C_{g2}), h(C_{l1}-C_{l2}), hC_n$	-, -, +, +	不稳定	不太理想

注：*表示正负符号不确定，ESS 表示稳定状态；若不满足条件③ $C_{p2}-C_{p1}+\theta L_p < 0$ 、 $f+T-C_n < \theta H_p$ ，条件④ $C_{p1}-C_{p2} < \theta L_p$ ，则为不稳定点。

如表 3-3 所示，政府监管部门宽松监管下，在条件②的基础上，当满足 $T+f-C_n < \theta H_p$ ， $\theta L_p < C_{p1}-C_{p2}$ 时，系统稳定于 (0,0,0,0)，此时网红主播诚信带货与失信带货成本之差大于使用虚假数据违规成本，网红主播就会利用虚假

数据诱导消费者冲动消费，消费者需要通过其他渠道分辨数据的真实性，当分辨成本大于网红主播使用虚假数据诱导消费者冲动消费造成的综合损失与网络打击组织带来的效益差值时，消费者为了避免损失加重，理性分辨意愿降低。直播平台为追求利润最大化、获取更多流量而选择容忍态度，消极监管，此时系统处于一种较混乱的稳定状态，这种状态会加剧网红直播带货乱象的产生，不利于社会稳定发展。当满足条件 $C_{p1} - C_{p2} < \theta L_p$ 时，系统的稳定点将收敛于 $(1,0,0,0)$ ，即网红主播诚信带货和失信带货的成本之差小于使用虚假数据的违规成本，网红主播为了避免损失加剧，其策略将稳定于诚信带货，此时直播电商市场环境健康发展，直播平台积极监管的活跃度降低，政府监管部门倾向于宽松监管，消费者节约分辨成本，可直接消费。

当网红主播失信带货，政府、平台宽松监管时，网红直播带货表面越虚假繁荣，对实体经济的危害越严重，为避免系统稳定于 $(0,0,0,0)$ 策略，政府监管部门应完善监管机制，鼓励网络打假组织对网红直播带货的数据进行监督，保护消费者权益；敦促直播平台对数据监管系统进行优化，增加对虚假数据识别的能力；提高诚信带货的声誉价值或失信带货的声誉损失，促进直播电商朝着高质量方向发展。

3.3 仿真分析

为更直观地反映不同条件下博弈主体决策选择动态演化的过程，结合系统动力学（system dynamics: SD）理论建立SD演化博弈流率基本入树仿真模型，分析不同情景下博弈主体决策选择的反馈机制。

根据SD演化博弈流率基本入树模型的构建定理以及直播电商虚假数据监管博弈系统的复制动态方程组，可得网红主播选择“诚信带货”、直播平台选择“积极监管”、政府监管部门选择“严格监管”和消费者选择“理性消费”的演化博弈系统流率流率对为：

$x, \partial x / \partial t$ — 网红主播“诚信带货”的概率及变化量；

$y, \partial y / \partial t$ — 直播平台“积极监管”的概率及变化量；

$z, \partial z / \partial t$ — 政府监管部门“严格监管”的概率及变化量；

$r, \partial r / \partial t$ — 消费者“理性消费”的概率及变化量；

则直播电商虚假数据监管演化博弈复制动态方程组的流率流率系为： $\{(x, \partial x / \partial t), (y, \partial y / \partial t), (z, \partial z / \partial t), (r, \partial r / \partial t)\}$ ，其余相关参数为外生变量。建立的博弈复制动态方程组流率流率系下的SD演化博弈流率基本入树仿真模型见图3-6。通过图3-6能直观地看出影响博弈主体策略选择概率的因素。

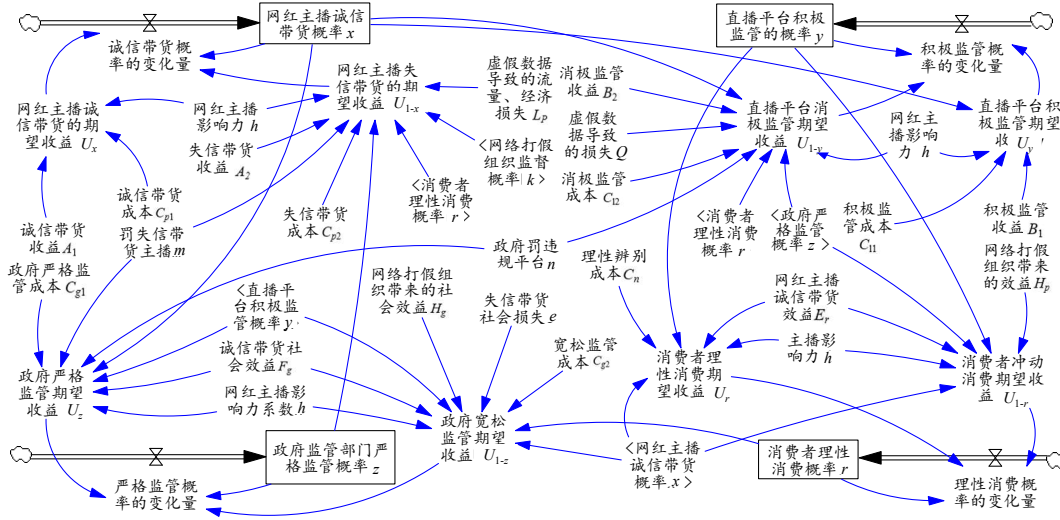


图 3-6 直播电商虚假数据监管演化博弈的 SD 流率基本入树模型

通过 Vensim 软件建立如图 3-6 所示四方演化博弈的 SD 流率基本入树仿真模型，并对仿真模型中策略概率和外生变量进行初始赋值。由于 Vensim 仅能在二维空间内进行仿真实验，为更好地展现模拟结果，借鉴文献^[1, 50, 54, 55]参数设置并结合艾媒咨询公布的直播电商带货数据和直播电商数据造假现实案例，利用 MATLAB2018 分析复制动态系统中关键参数变化对直播电商四方主体策略选择的影响。

艾媒咨询指出肩腰部主播具有流量需求提升自身知名度，也因此引发大量问题，本文取 $h = 0.7$ 来表示肩、腰部网红主播影响力。根据艾媒咨询公布的官方数据及网红主播带货净收益排名，取网红主播诚信带货收益 $A_1 = 20$ ，失信带货收益 $A_2 = 22$ 。网红主播诚信带货需要投入更多的精力，根据实际调查数据取人工、设备和产地等综合成本 $C_{p1} = 10$ ；失信带货的网红主播利用虚假数据营造自己的人气，商家会根据网红主播影响力情况支付一定的坑位费，根据对^[50]业内人士的调查和杨丰梅等^[50]的参数设置，刷单的整体成本每单接近 20 元，取成本 $C_{p2} = 2$ 。根据郭延禄等^[1]的参数设置，失信带货会给消费者造成财务损失

$f=6$ 、情感损失 $T=4$ ，社会损失 $e=20$ 。直播平台根据网红主播收入规定分成比例，加上礼物打赏、广告投放、会员体系等，积极监管需要定期优化监管系统，投入带宽成本、人力成本、渠道支出，根据实际调查数据取收益 $B_1=10$ ，成本 $C_{11}=5$ ，消极监管收益 $B_2=12$ ，成本 $C_{12}=1$ 。政府监管部门严格监管成本 $C_{g1}=6$ ，若发现虚假数据诱导消费者冲动消费现象，根据江苏省南京佳佳电子有限公司刷单炒信被罚 10 万元的案例，设政府对直播平台和网红主播的处罚分别是 $n=6$ ， $m=10$ ，宽松监管成本 $C_{g2}=2$ 。消费者理性消费需要通过其他渠道获取信息，根据实际调查及询问相关人员意见取辨别成本 $C_n=6$ 。参照汪旭晖等^[56]的参数设置，出现虚假数据带货会给网红主播带来声誉损失、经济损失 $L_p=26$ ，直播平台因监管不力造成用户流失、经济损失、声誉损失等设为 $Q=15$ 。结合专家分析及实际调查情况，现阶段网络打假组织存在的可能性比较小，设网络打假组织对网红直播带货数据监督的概率为 $\theta=0.3$ ，此时消费者理性分辨成本降低、潜在损失减少，综合效益 $H_p=5$ ，网络打假组织促使网红主播策略稳定于诚信带货，设社会效益 $H_g=10$ 。各博弈主体初始策略的选择均为 0.5。

3.3.1 声誉、经济损失对博弈主体策略演化的影响

直播电商使用虚假数据给网红主播和直播平台带来的声誉、经济损失分别为 L_p 和 Q 。令 L_p 取 16、26、36， Q 取 5、15、25，演化结果见图 3-7。

如图 3-7 所示，使用虚假数据给网红主播和直播平台带来的综合损失正向影响网红主播诚信带货的概率。见图 3-7(b)，当网红主播使用虚假数据所承受的声誉、经济损失较小时，网红主播倾向于失信带货时，随着时间和博弈次数的增加网红主播策略选择难以稳定。从图 3-7(a)中可以看出，使用虚假数据诱导消费者的综合损失较低时，混合博弈的演化过程呈现出周期循环趋势。当使用虚假数据诱导消费者冲动消费的综合损失适度提高时，系统震荡幅度下降，从图 3-7(c)、3-7(d)中可以看出网红主播策略选择的波动频率明显降低。加大使用虚假数据诱导消费者冲动消费的违规成本，网红主播最终会由于难以承担违规成本而向着诚信带货的方向演化。

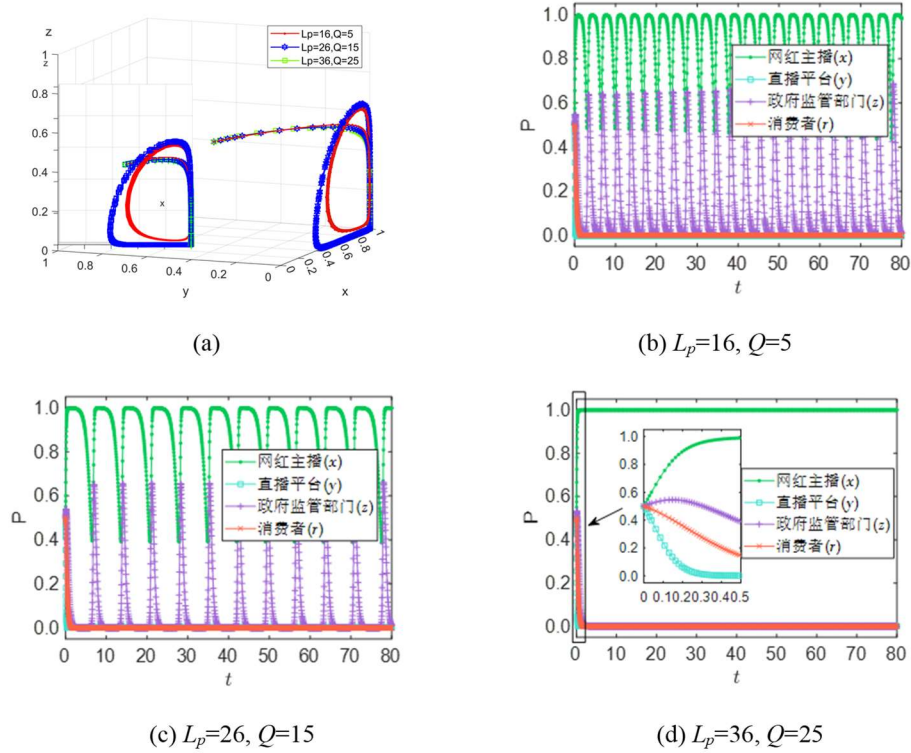


图 3-7 使用虚假数据带来的损失对博弈主体策略演化的影响

3.3.2 消费者理性分辨成本的影响

设消费者理性分辨成本 C_n 取 12、6、1 时，主体策略演化过程见图 3-8。

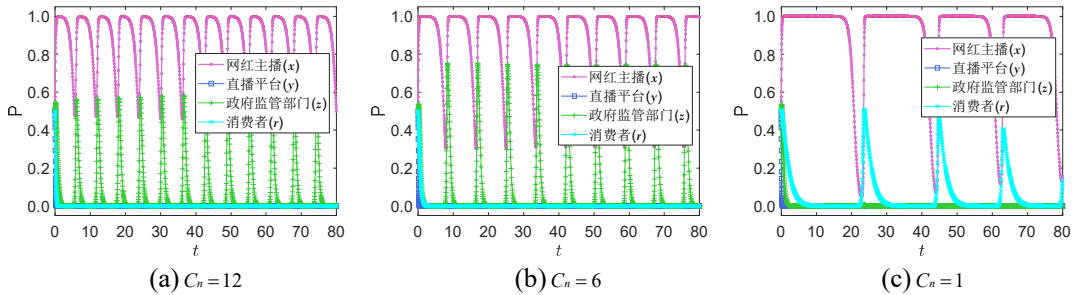


图 3-8 消费者理性分辨成本对博弈主体策略演化的影响

如图 3-8 所示，消费者理性分辨成本与网红主播诚信带货的概率呈负相关关系。见图 3-8(a)，当消费者理性分辨成本较高时，由于选择理性分辨需要花费大量的时间和精力通过多渠道获取网红主播带货数据并进行对比分析，消费者理性分辨意愿降低，策略选择趋向于直接消费，此时网红主播的策略选择变化频率较大，存在较高的概率选择失信带货。如图 3-8(b)、3-8(c)所示，当消费者理性分辨成本小于消费者冲动消费所承受的财务、情感损失时，消费者理性分辨网红主播带货数据较为简便，理性分辨的活跃度提高，此时网红主播失信带货

遭受损失的概率增大，网红主播策略停留在诚信带货的时间变长，随着时间的推移，网红主播最终将会选择诚信带货。因此，可通过降低消费者理性分辨成本达到引导消费者理性消费的目的。

3.3.3 网红主播影响力系数对博弈主体策略演化的影响

考虑网红主播影响力的差异性，在使用虚假数据给网红主播和直播平台带来不同程度损失的基础上，当 h 取值 0.1、1 时，四方博弈主体策略演化轨迹及结果如图 3-9 所示，头部主播及其他网红主播对使用虚假数据带来的损失敏感程度不同，策略选择产生差异性浮动。纵向对比，在同等使用虚假数据的违规成本较低时，头部主播策略演化轨迹变动频率高于其他网红主播，这是因为使用虚假数据诱导消费者冲动消费带给头部主播的综合效益增值高于违规操作的效益损失，头部主播存在较高的概率选择失信带货，但是其他主播综合效益较低，违规成本相对较高，策略选择波动频率远低于头部主播，投机行为风险较大。当使用虚假数据的违规成本适度提高时，两个系统的震动频率都降低。当使用虚假数据诱导消费者带来的综合效益增值小于违规操作的效益损失时，头部主播和其他网红主播都将稳定于诚信带货。横向对比，当使用虚假数据的违规成本增加时，网红主播影响力的差异性决定了其对不同违规成本的敏感程度，随着使用虚假数据的违规成本不断升高，头部主播和其他网红主播的行为策略演化轨迹波动频率显著降低，违规成本越大，网红主播达到诚信带货演化稳定的时间越短，越容易选择诚信带货。

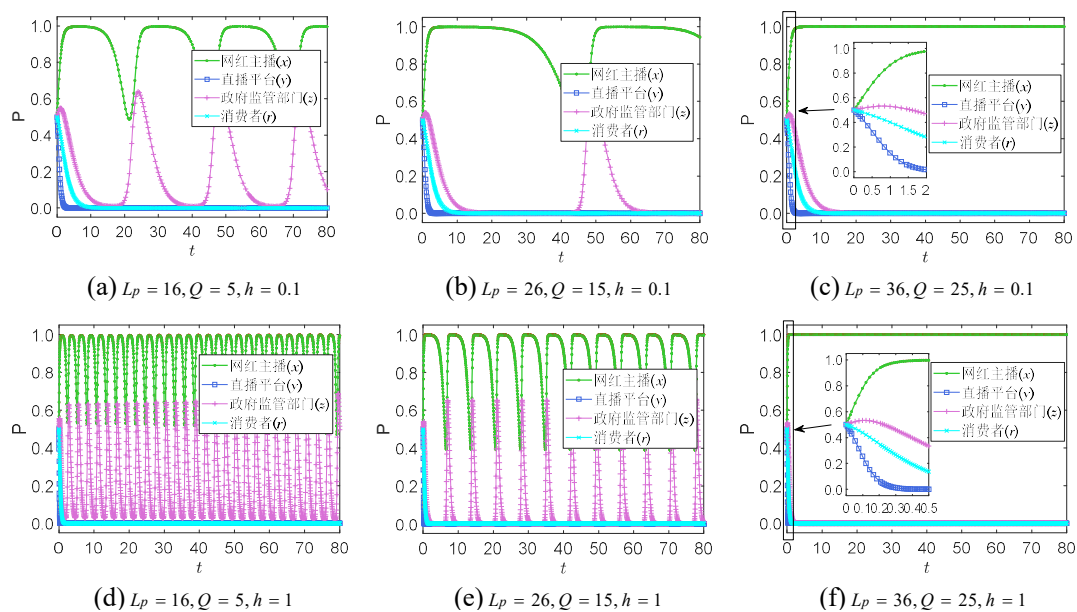


图 3-9 网红主播影响力系数变化对各方主体策略演化的影响

3.3.4 政府监管成本对博弈主体策略演化的影响

考虑监管成本的不同，基于以上参数设置，当 C_{g1} 取值 10、6、3 时，得到的直播电商参与主体的演化轨迹如图 3-10 所示，政府监管成本与网红主播诚信带货概率呈负相关关系，策略选择随时间呈现出周期波动。政府监管成本较高时，系统震荡幅度明显较大，见图 3-10(b)，这是因为想要扩大监管覆盖面，实现整个直播电商市场的监管，政府需要投入大量的精力、耗用财力和物力，高昂的监管成本制约了政府监管的力度和深度。见图 3-10(c)、3-10(d)，网红主播的策略选择受到政府监管成本的影响，在博弈过程中，网红主播诚信带货概率的提高较为明显，停留在诚信带货的时期逐渐变长，策略选择波动频率变低，因此，降低政府监管成本对提高监管概率有直接明显的作用。见图 3-10(d)，当政府监管成本较低时，系统呈现周期波动，但是网红主播收敛于诚信带货的速度明显加快，政府监管部门宽松监管意愿增强。

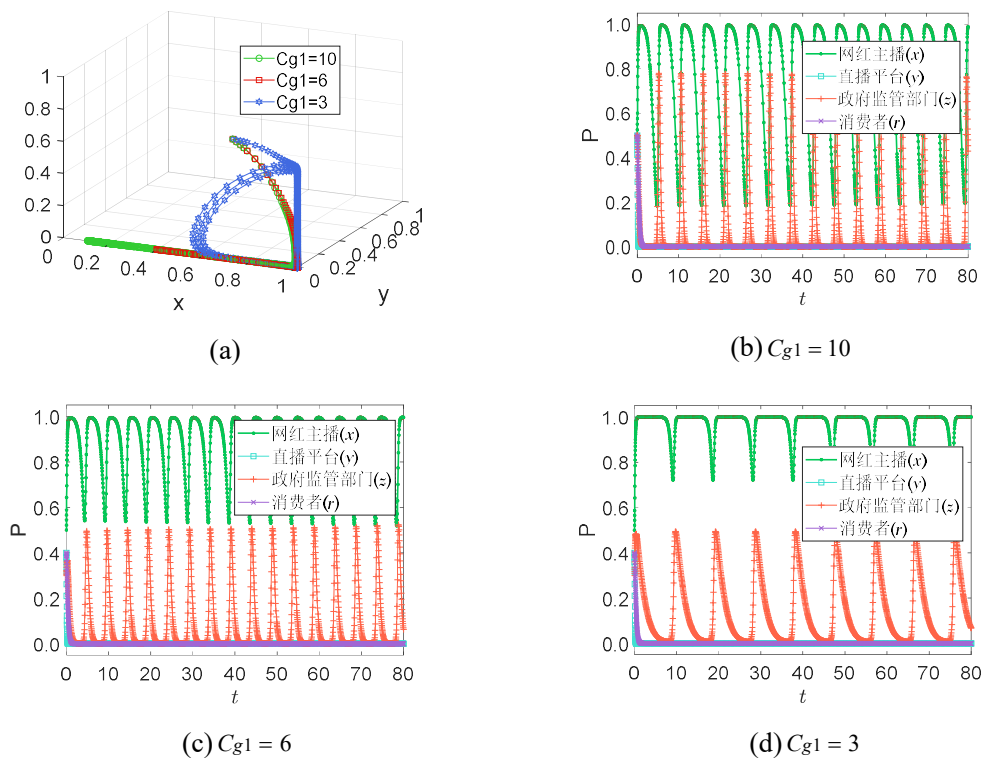


图 3-10 政府监管成本对博弈主体策略演化的影响

3.3.5 网络打假组织对直播电商数据监督的影响

设有网络打假组织对网红直播带货虚假数据监督的概率 θ 取值 0、0.3、0.5 时，四方博弈主体策略演化过程如图 3-11 所示。

网络打假组织对直播电商数据监督的概率影响着政府部门的监管决策，能够正向促进网红主播诚信带货。见图 3-11(a)，当网络打假组织对直播电商数据监督的概率较低时，系统震荡幅度大，网红主播诚信带货和政府严格监管的概率随着时间和博弈次数的增加而波动。如图 3-11(b)、3-11(c)所示，当网络打假组织对电商数据监督的概率提高时，网红主播和政府监管部门策略选择的波动频率显著降低，这是因为网络打假组织对虚假数据有较高的辨别能力，熟悉诉讼维权渠道，使得虚假数据被检测到的概率显著增加，消费者购买产品的综合效益提升，网红主播及直播平台违规操作成本增加，则网红主播失信带货的意愿降低，最终策略稳定于诚信带货，此时政府严格监管的活跃度降低，以节约监管成本。政府可通过荣誉、现金嘉奖鼓励网络打假组织对直播电商的数据进行监督，增强网红主播诚信带货的意愿。

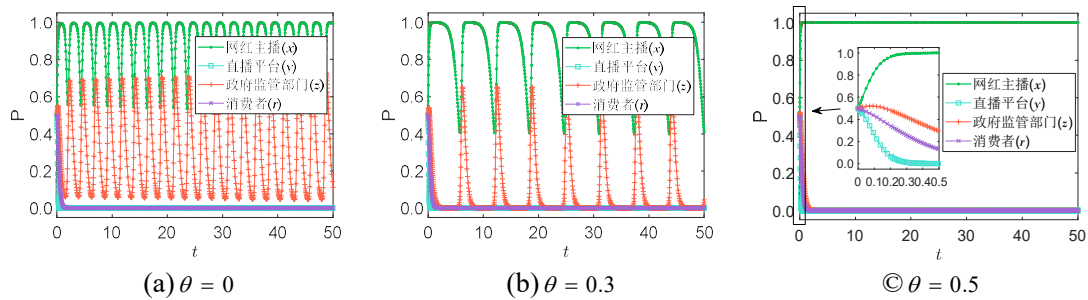


图 3-11 网络打假组织监督直播带货数据对博弈主体策略演化的影响

3.3.6 政府监管强度对博弈主体策略演化的影响

通过设置 $z=0$ 表示政府宽松监管和 $z=0.7$ 表示严格监管的状态来验证和分析政府部门不同监管强度的有效性，利用三维演化对网红主播、直播平台、消费者不同初始策略的演化进行仿真分析，见图 3-12。

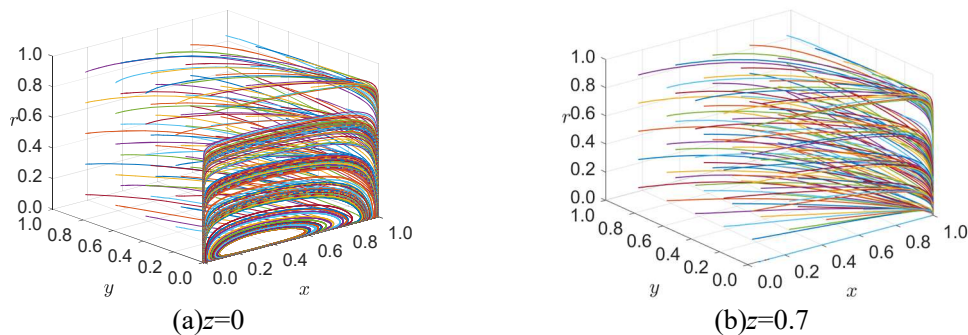


图 3-12 政府监管部门参与意愿对博弈主体策略演化的影响

如图 3-12(a)所示，当政府监管概率 $z=0$ 时，政府监管部门倾向于宽松监管，系统不存在稳定点，但是系统策略组合集中在 $(0,0,0,0)$ 和 $(1,0,0,0)$ 两个

稳定点附近，这与上文分析系统策略组合稳定性结果保持一致，这是由于网络打假组织的存在，使得虚假数据被检测到的概率增加，网红主播和直播平台潜在的违规成本增大，网红主播策略选择难以稳定，直播平台为了追求利润最大化，倾向于消极监管。当 $z=1$ 时，政府选择高强度监管策略时，根据上文对政府严格监管下系统均衡点渐进稳定性的分析，此时系统不存在稳定点，这是因为网红直播带货的发展处于起步阶段，很多网红主播在直播带货领域业务还不成熟，难免会出现操作失误、产品把控不严的现象，但是面对巨大的市场前景，他们会选择尝试新直销模式，而当政府监管力度过强，网红直播带货短期内难以达到政府所规定的规则 and 标准，在权衡预期收益和成本之间，放弃诚信带货。但是政府监管部门处于中强度监管时，见图 3-12(b)，当 $z=0.7$ 时，网红主播的策略演化轨迹最终将稳定于诚信带货，系统将稳定于理想策略组合 $(1,0,0,0)$ 。

3.4 本章小结

直播电商实现了“人一货一场”的价值融合，缩短了供需距离，但是监管对象的多元复杂性、虚假数据的隐蔽性给政府和平台协调监管带来很大难题，鉴于此，本章构建了以政府监管部门、直播平台、网红主播、消费者为主体演化博弈模型，通过分析主体的决策选择，探讨了模型均衡点的渐进稳定性及系统的稳定策略组合。研究结论如下：

(1) 消费者理性分辨概率增加会导致网红主播诚信带货的声誉价值增加或失信带货的声誉损失增加，当损失金额大于网红主播获得的综合效益增值时，网红主播的策略逐渐收敛于诚信带货，政府监管部门严格监管的意愿降低，直播平台随着网红主播诚信带货概率增大，策略逐渐稳定于宽松监管。

(2) 头部主播及其他网红主播对使用虚假数据带来的综合效益损失敏感程度不同。当使用虚假数据违规成本增加时，网红主播影响力的差异性决定了其对不同违规成本的敏感程度，随着使用虚假数据产生的损失不断升高，头部主播和其他网红主播的行为策略选择波动频率显著降低，违规成本越大，网红主播达到诚信带货演化稳定的时间越短，越容易选择诚信带货。

(3) 政府监管成本与网红主播诚信带货概率呈负相关关系，策略选择随时间呈现出周期波动。政府监管成本较高时，监管力度和深度受到监管成本的制

约，网红主播倾向于失信带货。当政府监管成本降低时，政府监管力度增强，在博弈过程中，网红主播诚信带货概率的提高较为明显，停留在诚信带货的时期逐渐变长，收敛于稳定点的速度明显加快。

（4）监管强度过大不利于直播电商行业的持续发展，中强度的监管不仅能够显著抑制网红主播的投机行为，而且能够降低监管成本，网络打假组织作为辅助监管群体对直播电商虚假数据进行监督、曝光时，网红主播数据造假获得的效益增值难以抵消承受的声誉、经济、惩罚等损失，诚信带货的意愿提高。

第 4 章 多主体协同视域下直播电商选品质量控制决策分析

上一章通过构建多主体参与的博弈模型，研究了直播电商数据监管的内在机理和治理措施，以抑制直播电商参与主体的数据造假违规行为，促进参与主体更多的关注产品本身质量。因此，本章在上一章研究内容的基础上进一步分析直播电商选品质量问题的内在机理和演化机制，考虑利益主体非理性心理因素和外部随机扰动因素对直播电商选品质量博弈系统的影响，将损益变量拓展为价值函数和决策权重函数共同决定的表现形式，从风险和价值感知的视角构建演化博弈模型，并通过仿真调控分析责任共担比例、损益感知价值、风险偏好和随机扰动对选品质量控制的影响。

4.1 问题描述与研究假设

4.1.1 问题描述

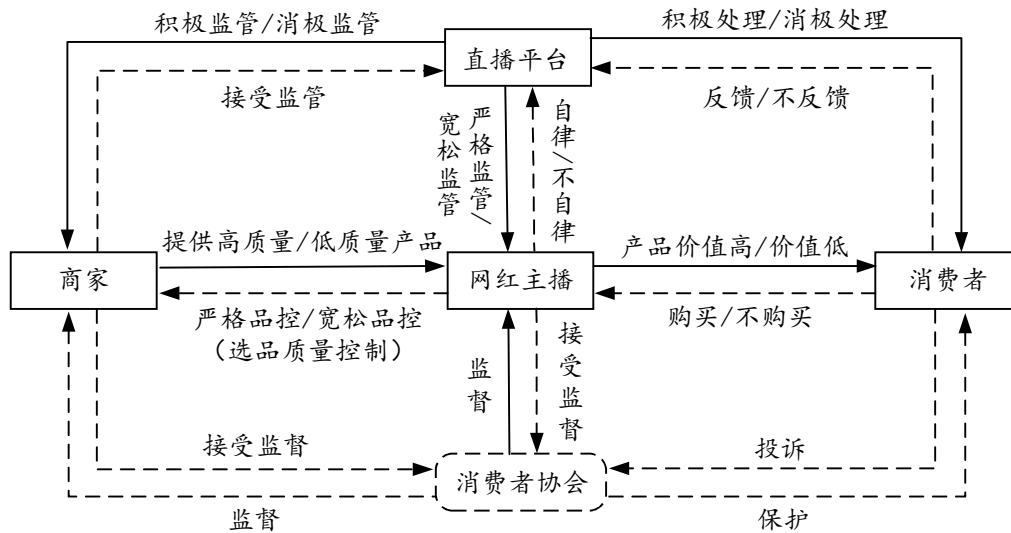


图 4-1 直播电商选品质量问题利益主体行为逻辑关系

直播电商在运行过程中，博弈主体利益诉求的差异会引发产品质量泛滥问题。商家为了降低成本、获取超额收益提供低质量产品或三无产品，其违规行为受到平台监管力度和消费者协会监督的约束；直播平台为了扩大用户规模和收益选择消极监管或不监管，其不自律行为受到声誉损失的影响；网红主播为了短期收益忽视选品过程，其机会主义行为受到消费者投诉和平台监管的制

约；消费者根据产品感知价值选择反馈、投诉或采取容忍态度。四方利益主体之间的博弈是一种有限理性的风险决策行为，主体之间的行为逻辑关系如图 4-1 所示。

4.1.2 研究假设

假设 1（博弈主体）：商家、网红主播、直播平台、消费者均为有限理性，其行为决策受前景理论的价值函数与决策权重函数的共同影响^[57]。

假设 2（主体策略）：依据参考文献^[1, 23, 56]，假设商家的策略为(提供高质量产品，提供低质量产品)，商家提供高质量产品的策略比例为 m ；提供低质量产品的策略比例为 $1-m$ 。网红主播的策略选择为(严格选品，宽松选品)，网红主播严格选品的策略比例为 b ，宽松选品的策略比例为 $1-b$ 。直播平台的策略为(严格监管，宽松监管)，直播平台严格监管的策略比例为 g ，宽松监管的策略比例为 $1-g$ 。消费者的策略为(购买，不购买)，消费者购买产品的策略比例为 r ，不购买产品的策略比例为 $1-r$ 。其中 $m, b, g, r \in [0, 1]$ 。

假设 3（收益感知）：直播电商环境复杂性高、不确定性强，主体的最终抉择受其对收益和损失的感知影响。前景理论认为行为主体的策略抉择主要依据对损益的主观评价与感知价值^[4, 58]，为使得研究更加贴近现实，因此本文将前景理论和演化博弈理论相结合，分析直播电商中的选品质量控制决策问题，刻画非理性心理感知因素和环境不确定因素作用下利益主体的行为倾向与演变规律。

设 V 为利益主体对损益的感知价值， V 由价值函数 $v(\Delta x_i)$ 和权重函数 $\pi(p_i)$ 共同决定，表达式为：

$$V = \sum_{i=1}^n \pi(p_i) v(\Delta x_i) \quad (4-1)$$

式(4-1)表示行为策略 n 种结果的感知价值与其相对应的主观概率的乘积之和决定行为主体对某一策略的主观感知价值。而 $\Delta x_i = x_i - x_0$ ， x_i 为事件的第 i 种结果($i=1, 2, \dots, n$)， Δx_i 表示行为结果 i 相对于参考点 x_0 的损失或收益值。价值函数 $v(\Delta x_i)$ 具体表示为：

$$v(\Delta x_i) = \begin{cases} (\Delta x_i)^\alpha & \Delta x_i \geq 0 \\ -\lambda(-\Delta x_i)^\beta & \Delta x_i < 0 \end{cases} \quad (4-2)$$

式(4-2)中 $\Delta x_i \geq 0$ 刻画结果 x_i 相对于参考点 x_0 的收益, $\Delta x_i > 0$ 则刻画相对损失; α 和 β 分别描述收益与损失价值函数的边际递减程度, 值越大递减程度越大。 λ 刻画决策行为的损失规避程度, 设定 $\lambda > 1$, 即与收益相比, 行为决策主体对损失更加敏感。

决策权重函数 $\pi(p_i)$ 的具体形式为:

$$\pi(p_i) = \frac{(p_i)^\sigma}{[(p_i)^\sigma + (1-p_i)^{1/\sigma}]} \quad (4-3)$$

式(4-3)中, p_i 为事件结果 i 发生的客观概率, σ 为调节参数, $0 < \sigma < 1$ 。
 $\pi(1) = 1$, $\pi(0) = 0$ 。

参考文献^[59]设置, 取参考点 $x_0 = 0$ 。基于前景理论, 借鉴韩菁等^[29]对收益感知的设置, 对商家、网红主播、直播平台和消费者的收益感知因素进行设置。商家提供产品获得的感知收益为 $V(Q)$, 此时消费者购买产品的感知收益为 $V(A_g)$, 直播平台的感知收益为 $V(A_c)$ 。网红主播带货的感知收益为 $V(W)$, 严格选品拒绝为提供低质量产品的商家带货, 网红主播的信誉感知价值为 $V(M_2)$ 。

假设 4 (损失感知): 基于前景理论, 借鉴韩菁等^[33]损失感知参数设置, 设商家提供低质量产品, 消费者的感知损失为 $-V(-R_g)$, 直播平台的感知损失为 $-V(-R_c)$ 。严格选品的网红主播拒绝为提供低质量产品的商家带货, 商家的感知损失为 $-V(-M_1)$ 。直播平台严格监管发现商家违规的概率为 e , 扣除商家保证金等处罚为 T_m , 发现网红主播带货劣质产品的概率为 n , 对主播的处罚为 T_b 。消费者购买到劣质产品通过直播平台反馈的概率为 h , 直播平台严格监管下要求商家给与消费者补偿为 G 。人民日报指出该由商家和网红主播共同对违规产品担责, 结合文献^[60]假设消费者向消费者协会投诉的概率为 z , 网红主播和商家共同承担消费者损失以及相关部门的处罚, 网红主播责任共担系数为 q , 感知损失为 $-V(-S_1)$, 商家责任共担系数为 $(1-q)$, 感知损失为 $-V(-S_2)$ 。

假设 5 (策略成本): 借鉴刘建刚等^[2]对成本变量的设置, 设商家提供高质量产品耗用的成本为 C_{m1} , 提供低质量产品耗用的成本为 C_{m2} , $C_{m1} > C_{m2}$ 。网红主播严格选品的成本为 C_{b1} , 宽松选品的成本为 C_{b2} , $C_{b1} > C_{b2}$ 。直播平台选择严格监管的成本为 C_1 , 宽松监管成本为 C_2 , $C_1 > C_2$ 。消费者选择购买产品的成本

为 C_r ，通常情况下 $ghG > C_r$ ， $V(A_g) > C_r$ 。

4.2 模型构建及策略稳定性分析

4.2.1 直播电商选品质量控制演化博弈模型

根据上述假设，本文构建直播电商四方博弈的收益感知矩阵见表 4-1。根据前景理论，当主体的损益确定时，感知价值与实际效用之间没有区别，当主体的得失不确定时，感知价值与实际价值产生差异。其中 $V(Q) = Q^\alpha$ ， $V(W) = W^\alpha$ ， $V(f) = f^\alpha$ ， $V(A_c) = (A_c)^\alpha$ ， $-V(-R_g) = \lambda(R_g)^\beta$ ， $-V(-R_c) = \lambda(R_c)^\beta$ ， $-V(-M_1) = \lambda(M_1)^\beta$ ， $V(M_2) = (M_2)^\alpha$ ， $-V(-S_1) = \lambda(S_1)^\beta$ ， $-V(-S_2) = \lambda(S_2)^\beta$ 。

表 4-1 四方博弈收益感知矩阵

		直播平台				
		严格监管(g)		宽松监管(1-g)		
策略选择	主播	消费者				
		购买 (r)	不购买 (1-r)	购买 (r)	不购买 (1-r)	
商家	提供高质量产品(m)	严格选品(b)	$V(Q) - C_{m1}$	$-C_{m1}$	$V(Q) - C_{m1}$	$-C_{m1}$
			$V(W) - C_{b1}$	$-C_{b1}$	$V(W) - C_{b1}$	$-C_{b1}$
			$V(A_c) - C_1$	$-C_1$	$V(A_c) - C_2$	$-C_2$
			$V(f) - C_r$	0	$V(f) - C_r$	0
		宽松选品(1-b)	$V(Q) - C_{m1}$	$-C_{m1}$	$V(Q) - C_{m1}$	$-C_{m1}$
			$V(W) - C_{b2}$	$-C_{b2}$	$V(W) - C_{b2}$	$-C_{b2}$
	提供低质量产品(1-m)	严格选品(b)	$V(-M_1) - C_{m2}$	$V(-M_1) - C_{m2}$	$V(-M_1) - C_{m2}$	$V(-M_1) - C_{m2}$
			$V(M_2) - C_{b1}$	$V(M_2) - C_{b1}$	$V(M_2) - C_{b1}$	$V(M_2) - C_{b1}$
			0, 0	0,0	0, 0	0,0
		宽松选品(1-b)	$-eT_m - hG - C_{m2}$	$-eT_m - C_{m2}$	$V(Q) - C_{m2} + (1 - q)V(-S_2)$	$-C_{m2}$
			$-nT_b - C_{b2}$	$-nT_b - C_{b2}$	$V(W) + qV(-S_1) - C_{b2}$	$-C_{b2}$
			$-C_1 + eT_m + nT_b$	$-C_1 + eT_m + nT_b$	$-C_2 + V(-R_c)$	$-C_2 + V(-R_c)$
$hG - C_r + V(-R_g)$	$V(-R_g)$		$-C_r + V(-R_g)$	$V(-R_g)$		

(1) 商家

根据表 4-1 四方利益主体之间的收益感知矩阵，可得商家提供高质量产品和低质量产品的期望收益分别为 E_{11} 和 E_{12} ，平均期望收益为 $\bar{E}_1$ ，表达式如下：

$$E_{11} = rQ^\alpha - C_{m1} \quad (4-4)$$

$$E_{12} = -b\lambda M_1^\beta - C_{m2} - g(1-b)(eT_m + rhG) + (1-b)(1-g)r[Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta] \quad (4-5)$$

$$\bar{E}_1 = mE_{11} + (1-m)E_{12} \quad (4-6)$$

因此商家的复制动态方程为：

$$F(m) = dm / dt = m(E_{11} - \bar{E}_1) = m(1-m)[rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] \quad (4-7)$$

(2) 网红主播

同理网红主播严格选品和宽松选品的期望收益分别为 E_{21} 和 E_{22} ，平均期望收益为 $\bar{E}_2$ ，表达式如下：

$$E_{21} = -C_{b1} + (1-m)M_2^\alpha + mrW^\alpha \quad (4-8)$$

$$E_{22} = rW^\alpha - C_{b2} - (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) - (1-m)(1-g)rzq\lambda S_1^\beta \quad (4-9)$$

$$\bar{E}_2 = bE_{21} + (1-b)E_{22} \quad (4-10)$$

因此网红主播的复制动态方程为：

$$F(b) = db / dt = b(E_{21} - \bar{E}_2) = b(1-b)[C_{b2} - C_{b1} - (1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta] \quad (4-11)$$

(3) 直播平台

同理直播平台严格监管和宽松监管的期望收益分别为 E_{31} 和 E_{32} ，平均期望收益为 $\bar{E}_3$ ，表达式如下：

$$E_{31} = m(rA_c^\alpha - C_1) + (1-m)(1-b)(eT_m + nT_b - C_1) \quad (4-12)$$

$$E_{32} = m(rA_c^\alpha - C_2) + (1-m)(1-b)(-C_2 - \lambda R_c^\beta) \quad (4-13)$$

$$\bar{E}_3 = gE_{31} + (1-g)E_{32} \quad (4-14)$$

因此直播平台的复制动态方程为：

$$F(g) = dg / dt = g(E_{31} - \bar{E}_3) = g(1-g)[m(C_2 - C_1) + (1-m)(1-b)(C_2 - C_1 + eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta)] \quad (4-15)$$

(4) 消费者

同理消费者购买和不购买的期望收益分别为 E_{41} 和 E_{42} ，平均期望收益为 $\bar{E}_4$ ，表达式如下：

$$E_{41} = m(-C_r + f^\alpha) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r - \lambda R_g^\beta) \quad (4-16)$$

$$E_{42} = -(1-m)(1-b)\lambda R_g^\beta \quad (4-17)$$

$$\bar{E}_4 = rE_{41} + (1-r)E_{42} \quad (4-18)$$

因此消费者的复制动态方程为：

$$F(r) = dr / dt = r(E_{41} - \bar{E}_4) = r(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)] \quad (4-19)$$

4.2.2 直播电商选品质量控制随机演化博弈模型

直播电商市场竞争、网络水军诱导、产品质量舆情等随机因素干扰着商家、网红主播、直播平台和消费者的行为演化倾向，为了更好的刻画和分析外界环境的复杂性和随机性，将高斯随机扰动项加入复制动态方程(4-7)、(4-11)、(4-15)、(4-19)中以进一步分析外界随机扰动对直播电商选品质量控制过程中产生的影响，为预防、应对直播电商选品质量控制过程中的随机扰动事件提供理论借鉴依据。四方利益主体随机演化博弈模型的复制动态方程如下：

$$dm = m(1-m)[rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]dt + \sigma md\omega(t) \quad (4-20)$$

$$db = b(1-b)[C_{b2} - C_{b1} - (1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta]dt + \sigma bd\omega(t) \quad (4-21)$$

$$dg = g(1-g)[m(C_2 - C_1) + (1-m)(1-b)(C_2 - C_1 + eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta)]dt + \sigma gd\omega(t) \quad (4-22)$$

$$dr = r(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)]dt + \sigma rd\omega(t) \quad (4-23)$$

在式(4-20)~(4-23)中， σ 表示随机扰动强度。 $\omega(t)$ 是唯一的标准 Brown 运动，Brown 运动是连续随机涨落的无规则现象，它能够较好的反映随机因素如何影响利益主体的行为抉择。 $d\omega(t)$ 表示高斯白噪声，当 $t>0$ 时，步长 $h>0$ ，其增量 $\Delta\omega(t) = \omega(t+h) - \omega(t)$ 服从正态分布 $N(0, \sqrt{h})$ 。公式(4-20)~(4-23)是含有高斯随机扰动项的一维 Itô 随机微分方程，表示受到随机扰动后的复制动态方程。假设初始 $t=0$ ，即四方利益主体行为抉择处于初始阶段，此时 $d\omega(t)|_{t=0} = \omega'(t)dt|_{t=0} = 0$ ，此时易知方程的均衡解为 0。在上文分析的基础上

根据随机微分方程稳定性判别定理对均衡解进行稳定性分析，进一步探讨随机扰动因素对四方利益主体行为抉择稳定性的影响。

4.2.3 直播电商利益主体行为策略的稳定性分析

(1) 商家博弈策略稳定性分析

由式(4-7)可知， $F(m)$ 对 m 求一阶导得：

$$F'(m) = (1-2m)[rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] \quad (4-24)$$

由微分方程稳定性定理可知，商家提供高质量产品的概率处于稳定状态必须满足： $F(m) < 0$ 且 $F'(m) < 0$ 。

命题 1：当 $Q^\alpha > (1-q)z\lambda S_2^\beta$ 时，若 $g > g_0$ ，商家稳定于提供高质量产品；若 $g < g_0$ ，商家稳定于提供低质量产品；若 $g = g_0$ ，不能确定稳定策略。其中阈值 $g_0 = [(1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta) - rQ^\alpha + C_{m1} - b\lambda M_1^\beta - C_{m2}] / (1-b)[eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$ 。

证明：令 $H(g) = rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)$ ，由 $Q^\alpha > (1-q)z\lambda S_2^\beta$ ，则 $\partial H(g) / \partial g = (1-b)(eT_m + rhG) + (1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta) > 0$ ，故 $H(g)$ 为关于 g 的增函数。当 $g < g_0$ 时， $H(g) < 0$ ， $F(m)|_{m=0} = 0$ 且 $F'(m)|_{m=0} < 0$ ，则 $m=0$ 具有稳定性；当 $g > g_0$ 时， $H(g) > 0$ ， $F(m)|_{m=1} = 0$ 且 $F'(m)|_{m=1} < 0$ ，则 $m=1$ 具有稳定性；当 $g=g_0$ 时， $H(g)=0$ ， $F(m)=0$ 且 $F'(m)=0$ ，则 $m \in [0,1]$ 均处于稳定状态，无法确定稳定策略。

命题 1 表明：商家的感知收益大于低质量产品曝光带来的感知损失时，直播平台监管概率的上升会促使商家的稳定策略由提供低质量产品转变为提供高质量产品；同理，直播平台监管概率下降将会导致商家提供高质量产品的意愿降低。

根据命题 1，商家策略选择的相位图见图 4-2。其中，区域 V_{m1} 代表商家提供高质量产品的概率，区域 V_{m0} 代表商家提供低质量产品的概率。令 $I = (C_{m1} - C_{m2} - (1-q)r z \lambda S_2^\beta) / [eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$ ，可得：

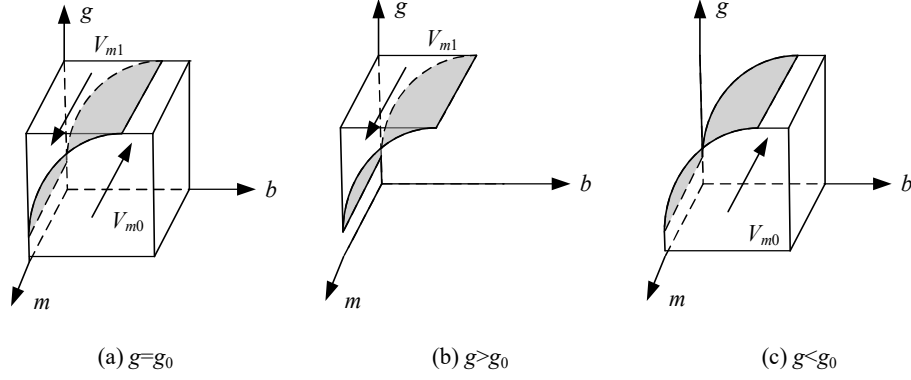


图 4-2 商家策略选择相位图

$$V_{m1} = \int_0^1 \int_I [(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta) - g(eT_m + rhG) + C_{m1} - C_{m2} - rQ^\alpha] / [\lambda M_1^\beta - g(eT_m + rhG) + (1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] dg dm = \{C_{m2} - C_{m1} + rhG + rQ^\alpha + eT_m + (C_{m1} - C_{m2} - \lambda M_1^\beta - rQ^\alpha)[\log(C_{m1} - C_{m2} - \lambda M_1^\beta - rQ^\alpha) - \log(-\lambda M_1^\beta + rhG + eT_m)]\} / [eT_m + r(hG + Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$$

$$V_{m0} = 1 - V_{m1} = 1 - \{C_{m2} - C_{m1} + rhG + rQ^\alpha + eT_m + (C_{m1} - C_{m2} - \lambda M_1^\beta - rQ^\alpha)[\log(C_{m1} - C_{m2} - \lambda M_1^\beta - rQ^\alpha) - \log(-\lambda M_1^\beta + rhG + eT_m)]\} / [eT_m + r(hG + Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$$

推论 1：商家提供低质量产品曝光后责任共担的感知损失价值、直播平台的惩罚是影响其策略选择的关键因素。直播平台严格监管将会对商家的违规行为做出处罚，商家自律意识提高。当直播平台宽松监管时，消费者向消费者协会进行投诉的概率提高，受到平台处罚和消费者协会监督曝光的影响，商家提供高质量产品的意愿提高。

证明：由 $Q^\alpha > (1-q)z\lambda S_2^\beta$ ， V_{m1} 对 $(1-q)(\lambda S_2^\beta)$ 、 (eT_m) 求一阶偏导可得：

$$\begin{aligned} \partial V_{m1} / \partial ((1-q)\lambda S_2^\beta) &= zr\{C_{m2} - C_{m1} + rhG + rQ^\alpha + eT_m + (C_{m1} - C_{m2} - \lambda M_1^\beta - rQ^\alpha) \log[(C_{m1} - C_{m2} - \lambda M_1^\beta - rQ^\alpha) / (rhG - \lambda M_1^\beta + eT_m)]\} / [eT_m + r(hG + Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]^2 > 0 \\ \partial V_{m1} / \partial (eT_m) &= \{(C_{m1} - C_{m2} + rhG - rQ^\alpha)[\lambda M_1^\beta + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] + (eT_m - \lambda M_1^\beta + rhG)(C_{m2} - C_{m1} + \lambda M_1^\beta + rQ^\alpha) \log[(C_{m1} - C_{m2} - \lambda M_1^\beta - rQ^\alpha) / (eT_m - \lambda M_1^\beta + rhG)]\} / (eT_m - \lambda M_1^\beta + rhG)(eT_m + rhG + rQ^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)^2 > 0. \end{aligned}$$

推论 1 表明：商家提供高质量产品的概率受到直播平台的处罚和消费者协

会监督的正向影响。直播平台严格监管时，商家提供低质量产品将受到平台的相应处罚，商家违规行为承受的风险增加，为了规避风险其提供高质量产品的意愿增强；当直播平台宽松监管时，受制于消费者协会的监督曝光，提供低质量产品的商家感知到承受的声誉、经济等损失价值增加，随着时间的演化，商家倾向于提供高质量产品。

随机演化博弈方程的稳定性根据引理 1 进行判断^[61]。

引理 1：设随机微分方程 $X = \{X(t), t \geq 0\}$ 是微分方程 $dX(t) = f(t, X(t))dt + \xi(t, X(t))d\omega(t)$, $X(0) = x_0$ 的解，存在连续可微函数 $V(t, x)$ 与正常数 c_1, c_2 使得 $c_1|x|^k \leq V(t, x) \leq c_2|x|^k$ 。此时，若存在正常数 γ 满足 $LV(t, x) \leq -\gamma V(t, x)$ ，则方程零解 k 阶矩阵指数稳定，而且有 $E|x(t, x_0)|^k < (\frac{c_2}{c_1})|x_0|^k e^{-\gamma t}$, $t \geq 0$ ；若存在正常数 γ 满足 $LV(t, x) \geq \gamma V(t, x)$ ，而且有 $E|x(t, x_0)|^k \geq (\frac{c_2}{c_1})|x_0|^k e^{-\gamma t}$, $t \geq 0$ 则方程零解 k 阶矩阵指数不稳定。其中， $LV(t, x) = V_t(t, x) + V_x(t, x)f(t, x) + 1/2 \xi^2(t, x)V_{xx}(t, x)$ 。

根据引理 1 可对式(4-20) ~ (4-23)的稳定性进行判断。

命题 2：针对式(4-20)，令 $V(t, m) = m^2$, $m \in [0, 1]$, $\gamma = 1$ ，则： $LV(t, m) = f(t, m) = 2m^2(1-m)[rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] + \sigma^2 m^2$ 。可得条件 1) 和 2)：

1) $Q^\alpha > (1-q)z\lambda S_2^\beta$, $g \leq [-1 - \sigma^2 - 2(1-m)(rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} - (1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta))]/2(1-m)(1-b)[eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$ 且 $(1-m)[brQ^\alpha + b\lambda M_1^\beta + r(1-b)(1-q)z\lambda S_1^\beta] \leq (1-m)(C_{m1} - C_{m2}) - (1 + \sigma^2)/2$ ，则商家的随机演化方程的零解矩指数稳定。

2) $Q^\alpha > (1-q)z\lambda S_2^\beta$, $g \geq [1 - \sigma^2 - 2(1-m)(rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} - (1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta))]/2(1-m)(1-b)[eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$ 且 $(1 - \sigma^2)/2 + (1-m)(C_{m1} - C_{m2}) \leq (1-m)(rQ^\alpha + b\lambda M_1^\beta) + (1-m)(1-b)(eT_m + rhG)$ ，则商家的随机演化方程的零解矩指数不稳定。

证明：令 $V_t(t, m) = m^2$, $m \in [0, 1]$, $\gamma = 1$, 则 $LV(t, m) = f(t, m) = 2m^2(1-m)[rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] + \sigma^2 m^2$ 。当 $2m^2(1-m)[rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] + \sigma^2 m^2 \leq -m^2$ 时，零解 k 阶指数稳定。由于 $Q^\alpha > (1-q)z\lambda S_2^\beta$, 因此 $g \leq [-1 - \sigma^2 - 2(1-m)(rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} - (1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta))]/2(1-m)(1-b)[eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$, 而 $g \in [0, 1]$, 所以 $[-1 - \sigma^2 - 2(1-m)(rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} - (1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta))]/2(1-m)(1-b)[eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] \geq 0$, 解得 $(1-m)[brQ^\alpha + b\lambda M_1^\beta + r(1-b)(1-q)z\lambda S_1^\beta] \leq (1-m)(C_{m1} - C_{m2}) - (1 + \sigma^2)/2$ 。同理, 当 $2m^2(1-m)[rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} + g(1-b)(eT_m + rhG) - (1-b)(1-g)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] + \sigma^2 m^2 \geq m^2$ 时, 零解 k 阶指数不稳定, 由于 $Q^\alpha > (1-q)z\lambda S_2^\beta$, 因此 $g \geq [1 - \sigma^2 - 2(1-m)(rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} - (1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta))]/2(1-m)(1-b)[eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)]$, 而 $g \in [0, 1]$, 所以 $[1 - \sigma^2 - 2(1-m)(rQ^\alpha - C_{m1} + b\lambda M_1^\beta + C_{m2} - (1-b)r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta))]/2(1-m)(1-b)[eT_m + rhG + r(Q^\alpha - (1-q)z\lambda S_2^\beta)] \leq 1$, 解得 $(1-m)[brQ^\alpha + b\lambda M_1^\beta + r(1-b)(1-q)z\lambda S_1^\beta] \geq (1-m)(C_{m1} - C_{m2}) + (1 + \sigma^2)/2$, 得证。

命题 2 表明：商家的稳定策略除了受监管处罚的影响，随机扰动因素也能使其稳定策略产生波动，且随机扰动强度越大，商家策略越不稳定。当满足条件 1) 时，提供高质量产品付出的成本较大，商家最终选择提供低质量产品。直播电商发展初期，商家为了抢占市场份额，竞争激烈，商家倾向于提供低质量产品以获取最大效益。当随机扰动强度持续增加时，政府将进行严格规制，此时商家的策略稳定性将出现波动。当满足条件 2) 时，感知损失大于高质量产品和低质量产品成本之差，随着博弈次数的增加，商家最终选择提供高质量产品。监管部门的随机抽查以及网络产品质量舆情的随机爆发等抑制了商家提供低质量产品的意愿，但是由于监管的滞后性和利益需求，商家提供高质量产品的稳定性将受到影响。

(2) 网红主播博弈策略稳定性分析

由式(4-11)可知 $F(b)$ 对 b 求一阶导得：

$$F'(b) = (1-2b)[-C_{b1} + C_{b2} - (1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta] \quad (4-25)$$

同理网红主播严格选品的概率处于稳定状态必须满足： $F(b) < 0$ 且 $F'(b) < 0$ 。

命题 3：当 $nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta > 0$ 时，若 $g > g_1$ ，网红主播稳定于严格选品；若 $g < g_1$ ，网红主播稳定于宽松选品；若 $g = g_1$ ，不能确定稳定策略。其中阈值 $g_1 = [-C_{b1} + C_{b2} + (1-m)M_2^\alpha - (1-m)rW^\alpha + (1-m)qrz\lambda S_1^\beta] / (m-1)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)$ 。

证明：令 $K(g) = C_{b2} - C_{b1} - (1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta$ ，由 $nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta > 0$ ，则 $\partial K(g) / \partial g = (1-m)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta) > 0$ ，故 $K(g)$ 为关于 g 的增函数。当 $g < g_1$ 时， $K(g) < 0$ ， $F(b)|_{b=0} = 0$ 且 $F'(b)|_{b=0} < 0$ ，则 $b=0$ 具有稳定性；当 $g > g_1$ 时， $K(g) > 0$ ， $F(b)|_{b=1} = 0$ 且 $F'(b)|_{b=1} < 0$ ，则 $b=1$ 具有稳定性；当 $g = g_1$ 时， $K(g) = 0$ ， $F(b) = 0$ 且 $F'(b) = 0$ ，则 $b \in [0, 1]$ 均处于稳定状态，无法确定稳定策略。

命题 3 表明：网红主播的策略选择受到直播平台严格监管的正向影响。当直播平台选择严格监管时，网红主播宽松选品将会受到直播平台的处罚，不利于主播带货的长期发展，因此网红主播的策略将稳定于严格选品；当直播平台倾向于宽松监管时，为了追求超额利润，网红主播的策略将稳定于宽松选品。

根据命题 3，网红主播策略选择的相位图见图 4-3。其中，区域 V_{b1} 代表网红主播严格选品的概率，区域 V_{b0} 代表网红主播宽松选品的概率。

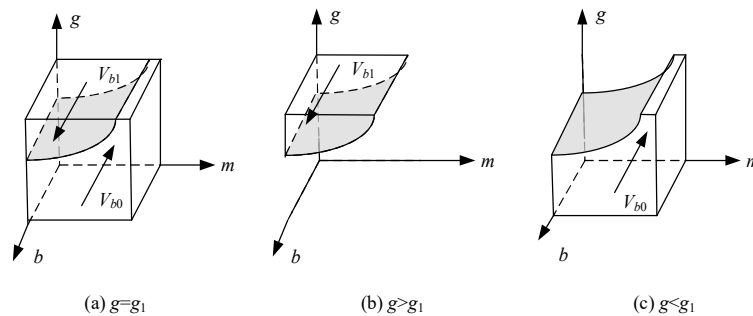


图 4-3 网红主播策略选择相位图

令 $J = (-C_{b1} + C_{b2} + M_2^\alpha - rW^\alpha + qrz\lambda S_1^\beta) / (-nT_b - rW^\alpha + qz\lambda S_1^\beta)$ ，计算可得：

$$V_{b1} = \int_0^1 \int_J [-C_{b1} + C_{b2} + M_2^\alpha + gnT_b - rW^\alpha + grW^\alpha + (1-g)rzq\lambda S_1^\beta] / [M_2^\alpha + gnT_b - (1-g)rW^\alpha + (1-g)rzq\lambda S_1^\beta] dgdb = [C_{b2} - C_{b1} + M_2^\alpha + nT_b + (C_{b1} - C_{b2})\log(C_{b1} - C_{b2}) - (C_{b1} - C_{b2})\log(M_2^\alpha + nT_b)] / (nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)$$

$$V_{b0} = 1 - [C_{b2} - C_{b1} + M_2^\alpha + nT_b + (C_{b1} - C_{b2})\log(C_{b1} - C_{b2}) - (C_{b1} - C_{b2})\log(M_2^\alpha + nT_b)] / (nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)$$

推论 2：网红主播宽松选品的概率受到消费者协会监督带来的感知损失的正向影响。当网红主播宽松选品感知到消费者协会监督带来的责任共担损失较低时，网红主播严格选品的意愿降低；当网红主播感知到宽松选品带来的共担损失较高时，严格选品的活跃度提高。

证明：由 $nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta > 0$ ，令 V_{b1} 对 $(q\lambda S_1^\beta)$ 求一阶偏导数得：

$$\partial V_{b1} / \partial (q\lambda S_1^\beta) = zr\{C_{b2} - C_{b1} + M_2^\alpha + nT_b + (C_{b1} - C_{b2})\log[(C_{b1} - C_{b2}) / (M_2^\alpha + nT_b)]\} / [nT_b + r(W^\alpha - zq\lambda S_1^\beta)]^2 > 0$$

推论 2 表明：责任共担感知损失主导着网红主播的策略选择。网红主播感知违规成本较低时，机会主义行为能够获取超额收益，因此投机行为严重，不利于直播电商的高质量发展。当消费者协会监督、曝光引发热议带来的影响较大时，网红主播承担的损失增加，收益感知价值急剧下降，为降低损失其严格选品的意愿增强。

命题 4：针对式(4-21)，令 $V(t, b) = b^2$ ， $b \in [0, 1]$ ， $\gamma = 1$ ，则： $LV(t, b) = f(t, b) = 2b^2(1-b)[C_{b2} - C_{b1} - (1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta] + \sigma^2 b^2$ 。可得条件 3) 和条件 4)：

3) $nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta > 0$ ， $g \leq [-1 - \sigma^2 + 2(1-b)(C_{b1} - C_{b2} + (1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta))] / 2(1-b)(1-m)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)$ ，且 $(1-b)[C_{b1} - C_{b2} + (1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)] \geq (1 + \sigma^2) / 2$ ，则网红主播的随机演化方程的零解矩指数稳定。

4) $nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta > 0$, $g \geq [1 - \sigma^2 - 2(1-b)(C_{b2}-C_{b1}-(1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta))]/2(1-b)(1-m)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)$, 且 $(1-b)[C_{b2}-C_{b1}+(1-m)(M_2^\alpha + nT_b)] \geq (1-\sigma^2)/2$, 则网红主播的随机演化方程的零解矩指数不稳定。

证明：令 $V_t(t, b) = b^2$, $b \in [0, 1]$, $\gamma = 1$, 则 $LV(t, b) = f(t, b) = 2b^2(1-b)[C_{b2}-C_{b1}-(1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta] + \sigma^2 b^2$ 。当 $2b^2(1-b)[C_{b2}-C_{b1}-(1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta] + \sigma^2 b^2 \leq -b^2$ 时，零解 k 阶指数稳定。由于 $nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta > 0$, 因此 $g \leq [-1 - \sigma^2 + 2(1-b)(C_{b1}-C_{b2}+(1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta))]/2(1-b)(1-m)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)$, 而 $g \in [0, 1]$, 所以 $[-1 - \sigma^2 + 2(1-b)(C_{b1}-C_{b2}+(1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta))]/2(1-b)(1-m)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta) \geq 0$, 解得 $(1-b)[C_{b1}-C_{b2}+(1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)] \geq (1 + \sigma^2)/2$ 。同理，当 $2b^2(1-b)[C_{b2}-C_{b1}-(1-m)rW^\alpha + (1-m)M_2^\alpha + (1-m)g(nT_b + rW^\alpha) + (1-m)(1-g)qrz\lambda S_1^\beta] + \sigma^2 b^2 \geq b^2$ 时，零解 k 阶指数不稳定，由于 $nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta > 0$, 因此 $g \geq [1 - \sigma^2 - 2(1-b)(C_{b2}-C_{b1}-(1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta))]/2(1-b)(1-m)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta)$, 而 $g \in [0, 1]$, 所以 $[1 - \sigma^2 - 2(1-b)(C_{b2}-C_{b1}-(1-m)(rW^\alpha - M_2^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta))]/2(1-b)(1-m)(nT_b + rW^\alpha - qrz\lambda S_1^\beta) \leq 1$, 解得 $(1-b)[C_{b2}-C_{b1}+(1-m)(M_2^\alpha + nT_b)] \geq (1-\sigma^2)/2$, 得证。

命题 4 表明：网红主播的稳定策略除了受责任共担的影响，还随着外界随机扰动强度的增加而发生转变。满足条件 3) 时，网红主播感知收益大于宽松选品的感知损失，最终稳定于宽松选品，且网红主播的行为抉择受随机扰动因素的影响，如直播电商发展初期，市场竞争激烈，严格选品获不一定能够获取期望效益，网红主播更倾向于宽松选品获得生存；而满足条件 4) 时，宽松选品感知损失大于严格与宽松选品成本之差，网红主播更倾向于选择严格选品，且随机扰动强度对网红主播的影响减弱。随着直播电商的发展，政府部门制定相关规定约束直播电商的违规行为，并随机抽查直播人员经营情况，对网红主播起到威慑作用。但是由于监管的滞后性和发展过程中的不可预见性等随机扰动影

响着主播严格选品的意愿。

(3) 直播平台博弈策略稳定性分析

由式(4-15)可知 $F(g)$ 对 g 求一阶导数得：

$$F'(g) = (1-2g)[m(C_2-C_1) + (1-m)(1-b)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)] \quad (4-26)$$

同理直播平台严格监管的概率处于稳定状态必须满足： $F(g)<0$ 且 $F'(g)<0$ 。

为了便于分析利益主体的稳定策略，且不失一般性，假设 $C_2-C_1+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m>0$ ，也即是政府监管处罚收益大于监管成本。

命题 5：当 $m < m_0$ 时，直播平台稳定于严格监管；当 $m > m_0$ 时，直播平台稳定于宽松监管；当 $m = m_0$ 时，不能确定稳定策略。其中阈值 $m_0 = (1-b)(C_2-C_1+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m)/[b(C_1-C_2)+(1-b)\lambda R_c^\beta+(1-b)nT_b+(1-b)eT_m]$ 。

证明：令 $S(m) = m(C_2-C_1) + (1-m)(1-b)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)$ ，由 $C_2-C_1+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m>0$ ，则 $\partial S(m)/\partial b = -(1-m)(-C_1+C_2+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m) < 0$ ，故 $S(m)$ 为关于 m 的减函数。当 $m < m_0$ 时， $S(m) > 0$ ， $F(g)|_{g=1} = 0$ 且 $F'(g)|_{g=1} < 0$ ，则 $g=1$ 具有稳定性；当 $m > m_0$ 时， $S(m) < 0$ ， $F(g)|_{g=0} = 0$ 且 $F'(g)|_{g=0} < 0$ ，则 $g=0$ 具有稳定性；当 $m = m_0$ 时， $S(m) = 0$ ， $F(g) = 0$ 且 $F'(g) < 0$ ，则 $g \in [0,1]$ 均处于稳定状态，无法确定稳定策略。

命题 5 表明：直播平台选择严格监管的概率随着商家选择提供高质量产品概率的提高而降低。当商家选择提供低质量产品的概率较高时，直播平台为了维护行业秩序，出于长期发展的需要，严格监管的意愿提高；当商家选择提供高质量产品的意愿较高时，行业健康发展，直播平台严格监管的意愿降低。

根据命题 5，直播平台策略选择的相位图见图 4-4。其中，区域 V_{g1} 代表直播平台严格监管的概率，区域 V_{g0} 代表直播平台宽松监管的概率。经计算可得：

$$\begin{aligned} V_{g1} &= \int_0^1 \int_0^1 (1-b)(-C_1+C_2+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m)/[b(C_1-C_2)+(1-b)(\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m)] db dg \\ &= \{-C_1+C_2+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m+(C_1-C_2)[\log(C_2-C_1)-\log(-\lambda R_c^\beta-nT_b-eT_m)]\}/[-C_1+C_2+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m] \end{aligned}$$

$$V_{g0} = \{C_2 - C_1 + \lambda R_c^\beta + nT_b + eT_m + (C_1 - C_2)[\log(C_2 - C_1) - \log(-\lambda R_c^\beta - nT_b - eT_m)]\} / [C_2 - C_1 + \lambda R_c^\beta + nT_b + eT_m]$$

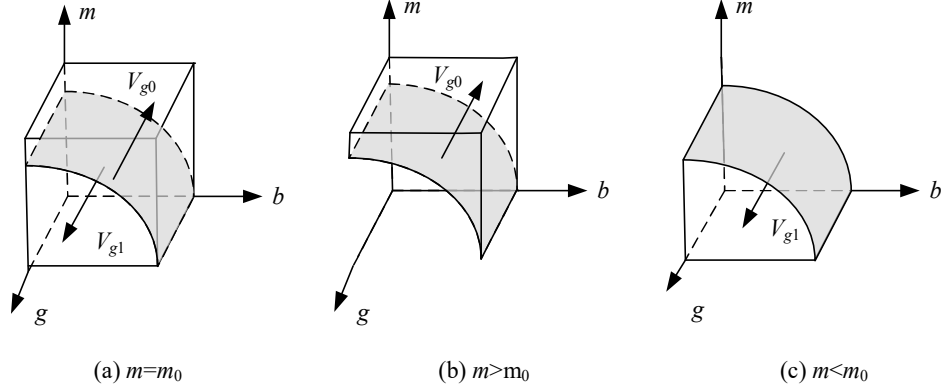


图 4-4 直播平台策略选择相位图

推论 3：直播平台严格监管的概率随着严格监管成本的提高而降低，随着对商家和网红主播惩罚额的增加而提高。当直播平台严格监管的成本较高时，直播平台严格监管的活跃度降低；随着严格监管成本的降低，直播平台严格监管的意愿提高。当直播平台对提供低质量产品的商家和宽松选品主播惩罚额较高时，严格监管的意愿提高。

证明：由 $C_2 - C_1 + \lambda R_c^\beta + nT_b + eT_m > 0$ ， V_{g1} 对 C_1 、 $(eT_m + nT_b)$ 求一阶偏导数得：

$$\begin{aligned} \partial V_{g1} / \partial C_1 &= -\{(eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta) \log[(eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta) / (C_1 - C_2)] + (C_1 - C_2)(C_2 - C_1 + eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta) \log'(C_2 - C_1)\} / (C_2 - C_1 + eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta)^2 < 0 \\ \partial V_{g1} / \partial (eT_m + nT_b) &= (C_1 - C_2)[(C_2 - C_1 + eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta) \log'(nT_b - eT_m) + \log[(eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta) / (C_1 - C_2)]] / (C_2 - C_1 + eT_m + nT_b + \lambda R_c^\beta)^2 > 0 \end{aligned}$$

推论 3 表明：直播平台的策略选择受到监管效益的影响。当监管成本较高时，直播平台囿于高昂的监管成本，难以达到监管预期效果，严格监管意愿受到制约。对商家和网红主播惩罚额的提高增加了直播平台的监管效益，直播平台严格监管的意愿增强，但是过高的惩罚额会制约直播电商的发展。因此，降低直播平台监管成本、设定合适的惩罚阈值对于提高直播平台严格监管意愿，促进直播电商规范化发展具有重要意义。

命题 6：针对式(4-22)，令 $V(t, g) = g^2$ ， $g \in [0, 1]$ ， $\gamma = 1$ ，则： $LV(t, g) = f(t,$

$g)=2g^2(1-g)[m(C_2-C_1)+(1-m)(1-b)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)]+\sigma^2 g^2$ 。可得条件 5)和条件 6):

5) $C_2-C_1+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m > 0$, $b \geq [1+\sigma^2+2(1-g)(m(C_2-C_1)+(1-m)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta))]/2(1-m)(1-g)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)$, 且 $(1-g)m(C_1-C_2) \geq (1+\sigma^2)/2$, 则直播平台的随机演化方程的零阶矩指数稳定。

6) $C_2-C_1+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m > 0$, $b \leq [\sigma^2-1+2(1-g)(m(C_2-C_1)+(1-m)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta))]/2(1-m)(1-g)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)$, 且 $(1-g)(1-m)(eT_m+nT_b)-(1-g)(C_1-C_2)+(1-g)(1-m)\lambda R_c^\beta \geq (1-\sigma^2)/2$, 则直播平台的随机演化方程的零阶矩指数不稳定。

证明: 令 $V_t(t, g)=g^2$, $g \in [0,1]$, $\gamma=1$, 则 $LV(t, g)=f(t, g)=2g^2(1-g)[m(C_2-C_1)+(1-m)(1-b)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)]+\sigma^2 g^2$ 。当 $2g^2(1-g)[m(C_2-C_1)+(1-m)(1-b)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)]+\sigma^2 g^2 \leq -g^2$ 时, 零解 k 阶指数稳定。由于 $C_2-C_1+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m > 0$, 因此 $b \geq [1+\sigma^2+2(1-g)(m(C_2-C_1)+(1-m)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta))]/2(1-m)(1-g)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)$, 而 $b \in [0,1]$, 所以 $[1+\sigma^2+2(1-g)(m(C_2-C_1)+(1-m)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta))]/2(1-m)(1-g)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta) \leq 1$, 因此 $(1-g)m(C_1-C_2) \geq (1+\sigma^2)/2$ 。同理, 当 $2g^2(1-g)[m(C_2-C_1)+(1-m)(1-b)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)]+\sigma^2 g^2 \geq g^2$ 时, 零解 k 阶指数不稳定, 由于 $C_2-C_1+\lambda R_c^\beta+nT_b+eT_m > 0$, 因此 $b \leq [\sigma^2-1+2(1-g)(m(C_2-C_1)+(1-m)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta))]/2(1-m)(1-g)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)$, 而 $b \in [0,1]$, 所以 $[\sigma^2-1+2(1-g)(m(C_2-C_1)+(1-m)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta))]/2(1-m)(1-g)(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta) \geq 0$, 解得 $(1-g)(1-m)(eT_m+nT_b) \geq (1-g)(C_1-C_2)-(1-g)(1-m)\lambda R_c^\beta+(1-\sigma^2)/2$, 得证。

命题 6 表明: 当满足条件 5)时, 直播平台严格和宽松监管成本差值较大, 随着时间的推移, 最终将选择宽松监管。直播平台的行为策略除了受到非理性

心里因素的影响，商家和网红主播的合谋行为、流量造假手段的不断变化等随机扰动强度加重了直播平台的监管负担，直播平台严格监管的意愿降低。当满足条件 6) 时，直播平台的监管惩罚收益可以抵御监管付出的成本差值，直播平台更愿意严格监管。当直播平台的监管处罚力度较大时，网红主播的带货行为受到约束，有助于直播电商的高质量发展，但是过高的监管处罚会抑制直播经济发展活力，巨大的带货压力迫使主播转行或铤而走险，阻碍直播电商持续发展。

(4) 消费者博弈策略稳定性分析

由式(4-19)可知 $F(r)$ 对 r 求一阶导得：

$$F'(r) = (1-2r)[m(f^a - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)] \quad (4-27)$$

同理消费者购买产品的概率处于稳定状态必须满足： $F(r) < 0$ 且 $F'(r) < 0$ 。

命题 7：当 $b < b_0$ 时，消费者稳定于不购买产品；当 $b > b_0$ 时，消费者稳定于购买产品；当 $b = b_0$ 时，不能确定稳定策略。其中阈值 $b_0 = [(1-m)ghG - C_g + m f^a] / (1-m)(ghG - C_g)$ 。

证明：令 $Z(b) = m(f^a - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)$ ， $\partial Z(b) / \partial b = -(1-m)(ghG - C_r) < 0$ ，故 $Z(b)$ 为关于 b 的减函数。当 $b < b_0$ 时， $Z(b) > 0$ ， $F(r)|_{r=0} = 0$ 且 $F'(r)|_{r=0} < 0$ ，则 $r=0$ 具有稳定性；当 $b > b_0$ 时， $Z(b) < 0$ ， $F(r)|_{r=1} = 0$ 且 $F'(r)|_{r=1} < 0$ ，则 $r=1$ 具有稳定性；当 $b = b_0$ 时， $F(r) = 0$ 且 $F'(r) < 0$ ，则 $r \in [0, 1]$ 均处于稳定状态，无法确定稳定策略。

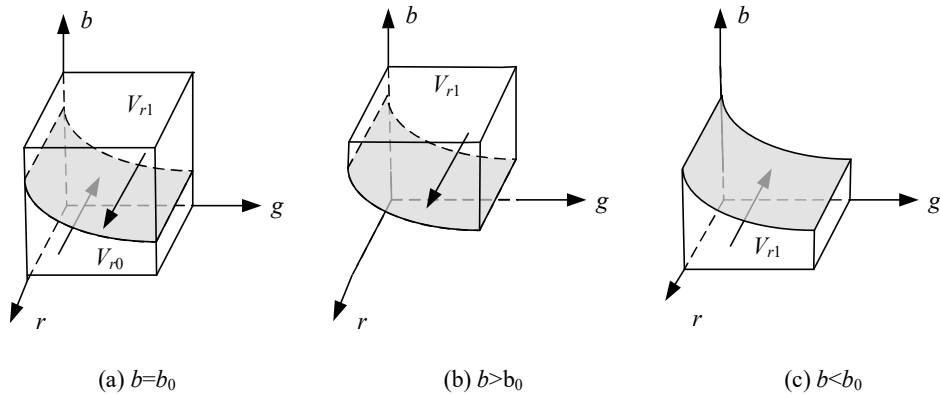


图 4-5 消费者策略选择相位图

命题 7 表明：消费者购买产品的概率随着网红主播严格品控概率的增加而提高。当网红主播严格品控的概率较高时，消费者购买产品的收益感知价值较高，购买产品的意愿增加；当网红主播选择宽松品控时，消费者购买商品的感知风险损失增加，购买欲望显著降低，随着时间的演化，策略最终稳定于不购买。

根据命题 7，消费者策略选择的相位图见图 4-5。其中，区域 V_{r1} 代表消费者购买的概率，区域 V_{r0} 代表消费者不购买的概率，计算得：

$$\begin{aligned} V_{r0} &= \int_0^1 \int_0^1 [(1-m)hgG + mf^\alpha - C_g] / (C_r - ghG)(m-1) dg dr \\ &= 1 - (C_r - f^\alpha)m(\log(C_r - hG) - \log(C_r)) / (1-m)hG \\ V_{r1} &= (C_r - f^\alpha)m(\log(C_r - hG) - \log(C_r)) / (1-m)hG \end{aligned}$$

推论 4：消费者选择购买产品的概率受到商家提供高质量产品的意愿和收益感知价值的影响。当商家提供高质量产品时，消费者购买产品的收益感知价值较高，策略稳定于购买产品。当商家选择提供低质量产品时，消费者购买产品的收益感知价值降低，策略稳定于不购买产品。

证明：由消费者选择不购买产品的概率 V_{r1} ，对 m ， f^α 求一阶偏导数得：

$$\begin{aligned} \partial V_{r0} / \partial m &= -(f^\alpha - C_r) \log[(C_r) / (C_r - hG)] / (1-m)^2 hG < 0 \\ \partial V_{r0} / \partial f^\alpha &= -m \log[(C_r) / (C_r - hG)] / (1-m)hG < 0 \end{aligned}$$

推论 4 表明：商家选择提供高质量产品时，消费者的安全、公平交易等基本权益得到保障，购买产品的收益感知价值较高，产品对消费者的吸引力较大，策略稳定于购买产品。商家选择提供低质量产品时，消费者购买产品的损失感知增加，为了规避不必要的损失，策略将稳定于不购买产品。因此，提高商家提供高质量产品的概率能够促进直播电商行业健康可持续发展。

命题 8：针对式(4-23)，令 $V(t, r) = r^2$ ， $r \in [0, 1]$ ， $\gamma = 1$ ，则： $LV(t, r) = f(t, r) = 2r^2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)] + \sigma^2 r^2$ 。可得条件 7) 和条件 8)：

$$7) ghG > C_r, \quad b \geq \frac{1 + \sigma^2 + 2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)]}{2(1-r)(1-m)(ghG - C_r)} \text{ 且 } m(1-r)(f^\alpha -$$

$C_r) \leq -(1 + \sigma^2)/2$ ，则消费者的随机演化方程的零阶矩指数稳定。

$$8) \quad ghG > C_r, \quad b \leq \frac{-1 + \sigma^2 + 2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)]}{2(1-r)(1-m)(ghG - C_r)} \quad \text{且} (1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)] \geq (1 - \sigma^2)/2, \quad \text{则消费者的随机演化方程的零阶矩指数不稳定。}$$

证明：令 $V_t(t, r) = r^2$, $r \in [0, 1]$, $\gamma = 1$, 则 $LV(t, r) = f(t, r) = 2r^2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)] + \sigma^2 r^2$ 。当 $2r^2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)] + \sigma^2 r^2 \leq -r^2$ 时, 零解 k 阶指数稳定。由于 $ghG > C_r$, 因此

$$b \geq \frac{1 + \sigma^2 + 2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)]}{2(1-r)(1-m)(ghG - C_r)}, \quad \text{而 } b \in [0, 1], \quad \text{所以}$$

$$\frac{1 + \sigma^2 + 2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)]}{2(1-r)(1-m)(ghG - C_r)} \leq 1, \quad \text{解得 } m(1-r)(f^\alpha - C_r) \leq -(1 + \sigma^2)/2。$$

同理, 当 $2r^2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(1-b)(ghG - C_r)] + \sigma^2 r^2 \geq r^2$ 时, 零解 k 阶指数不稳定。由于 $ghG > C_r$, 因此

$$b \leq \frac{-1 + \sigma^2 + 2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)]}{2(1-r)(1-m)(ghG - C_r)}, \quad \text{而 } b \in [0, 1], \quad \text{所以得到:}$$

$$\frac{-1 + \sigma^2 + 2(1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)]}{2(1-r)(1-m)(ghG - C_r)} \geq 0, \quad \text{解得 } (1-r)[m(f^\alpha - C_r) + (1-m)(ghG - C_r)] \geq (1 - \sigma^2)/2, \quad \text{得证。}$$

命题 8 表明：消费者的购买策略受价值感知的影响, 同时也受到随机扰动因素的影响。当满足条件 7) 时, 消费者购买产品的感知价值较低, 且消费者的购买意愿容易随着产品热度降低和低价替代品的出现而发生改变, 最终将选择不购买此产品。当满足条件 8) 时, 消费者的收益感知价值和低质量产品获赔价值较高, 且外部监管的逐步完善、随机优惠机制等不确定因素提高了消费者购买产品的意愿。但是消费陷阱、信誉过度消费、售后维权困难等不可预见因素会使得消费者的购买策略产生波动。

4.2.4 直播电商博弈策略组合稳定性分析

在商家、网红主播、直播平台 and 消费者博弈的复制动态系统中, 利用

Lyapunov 第一法则对四方利益主体行为决策组合的稳定性进行判断。从 Selten^[53]提出的理论可知四方演化博弈中存在 16 种组合纯策略，将纯策略的均衡点带入雅克比矩阵，可以求出每个点对应的特征值。Jacobian 矩阵如下：

$$J = \begin{pmatrix} J_1 & J_2 & J_3 & J_4 \\ J_5 & J_6 & J_7 & J_8 \\ J_9 & J_{10} & J_{11} & J_{12} \\ J_{13} & J_{14} & J_{15} & J_{16} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \partial F(m)/\partial m & \partial F(m)/\partial b & \partial F(m)/\partial g & \partial F(m)/\partial r \\ \partial F(b)/\partial m & \partial F(b)/\partial b & \partial F(b)/\partial g & \partial F(b)/\partial r \\ \partial F(g)/\partial m & \partial F(g)/\partial b & \partial F(g)/\partial g & \partial F(g)/\partial r \\ \partial F(r)/\partial m & \partial F(r)/\partial b & \partial F(r)/\partial g & \partial F(r)/\partial r \end{pmatrix}$$

(1) 直播平台严格监管下系统稳定性分析

当直播平台选择严格监管时，需要满足条件① $(1-b)(1-m)(eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)-mb(C_1-C_2)-(1-b)(C_1-C_2)>0$ ，如表 4-2 所示为该系统均衡点的渐进性分析

表 4-2 直播平台严格监管下均衡点渐进稳定性分析

均衡点	特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$	正负符号	稳定性
(0,0,1,0)	$-C_{m1}+C_{m2}+eT_m, -C_{b1}+C_{b2}+M_1^s+nT_b,$ $-(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta), hG-C_r$	x,x,x,+	不稳定
(1,0,1,0)	$-(-C_{m1}+C_{m2}+eT_m), -C_{b1}+C_{b2}, -C_2+C_1, f^a-C_r$	x,-,+,+	⊕
(0,1,1,0)	$-C_{m1}+C_{m2}+\lambda M_1^\beta, -(-C_{b1}+C_{b2}+M_2^s+nT_b), 0, 0$	x,x,0,0	⊕
(0,0,1,1)	$Q-C_{m1}+C_{m2}+eT_m+hG, -C_{b1}+C_{b2}+M_1^s+nT_b,$ $-(C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta), -hG+C_r$	+,x,x,-	不稳定
(1,1,1,0)	$-(-C_{m1}+C_{m2}+\lambda M_1^\beta), -C_{b1}+C_{b2}, -(C_2-C_1), f^a-C_r$	x,-,+,+	⊕
(1,0,1,1)	$-(Q-C_{m1}+C_{m2}+eT_m+hG), -C_{b1}+C_{b2}, -(C_2-C_1), -f^a+C_r$	-, -, +, -	⊕
(0,1,1,1)	$Q-C_{m1}+C_{m2}+\lambda M_1^\beta, -(-C_{b1}+C_{b2}+M_2^s+nT_b), 0, 0$	+, -, 0, 0	⊕
(1,1,1,1)	$-(Q-C_{m1}+C_{m2}+eT_m+hG), C_{b1}-C_{b2}, -(C_2-C_1), -f^a+C_r$	-, +, +, -	⊕

注：x 表示正负符号不确定，⊕ 表示不满足前提条件①，因此不存在，不稳定。

由表 4-2 可知，直播平台的策略稳定于严格监管时，不存在纯策略稳定点。系统均衡点 (0,0,1,0) 和 (0,0,1,1) 的符号特征表明，商家提供低质量产品时，无论消费者是否选择购买产品，该均衡点都不稳定。反映在现实中就是当直播电商假冒伪劣产品横行时，直播平台为了维护个体声誉和长期发展需要，严格监管直播电商的运营发展，但受制于监管成本和相关制度的缺失，难以达到预期监管效果。为了维护直播电商经济市场的健康发展，此时政府部门会出台相关政策对直播电商进行规制，抑制产品质量问题野蛮滋生，促使商家提供高质量产品，因此该均衡点并不稳定。若想长期维护消费者的权益，使得商家的策略稳定于提供高质量产品，直播平台需要付出监管成本，并通过和外部监管部门联动构建有效监管和惩罚的共治格局，促进直播电商高质量发展。

(2) 直播平台宽松监管下系统稳定性分析

当直播平台选择宽松监管时，需要满足条件② $(1-b)(1-m)(eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta)-mb(C_1-C_2)-(1-b)(C_1-C_2)<0$ ，复制动态系统均衡点的渐进稳定分析见表 4-3。

表 4-3 直播平台宽松监管下均衡点渐进稳定性分析

均衡点	特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$	正负符号	稳定性
(0,0,0,0)	$-C_{m1}+C_{m2}, -C_{b1}+C_{b2}+M_2^a, C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta, -C_r$	$-, x, x, -$	ESS(条件③④)
(1,0,0,0)	$-(-C_{m1}+C_{m2}), -C_{b1}+C_{b2}, -C_2+C_1, f^a-C_r$	$+, -, +, +$	不稳定
(0,1,0,0)	$-C_{m1}+C_{m2}+\lambda M_1^\beta, -(C_{b1}+C_{b2}+M_2^a), 0, 0$	$x, x, 0, 0$	$\oplus$
(0,0,0,1)	$-C_{m1}+C_{m2}+z\lambda S_2^\beta, -C_{b1}+C_{b2}+M_2^a-W^a+z\lambda S_1^\beta, C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta, C_r$	$x, x, x, +$	不稳定
(1,1,0,0)	$-(-C_{m1}+C_{m2}+\lambda M_1^\beta), C_{b1}-C_{b2}, C_2-C_1, f^a-C_r$	$x, +, -, +$	不稳定
(1,0,0,1)	$-(-C_{m1}+C_{m2}+(1-q)z\lambda S_2^\beta), -C_{b1}+C_{b2}, C_2-C_1, -f^a+C_r$	$x, -, +, -$	不稳定
(0,1,0,1)	$Q-C_{m1}+C_{m2}+\lambda M_1^\beta, -(C_{b1}+C_{b2}+M_2^a-W^a+qz\lambda S_1^\beta), 0, 0$	$+, x, 0, 0$	$\oplus$
(1,1,0,1)	$Q-C_{m1}+C_{m2}+\lambda M_1^\beta, C_{b1}-C_{b2}, C_2-C_1, -f^a+C_r$	$+, +, -, -$	不稳定

注：x 表示正负符号不确定， $\oplus$ 表示不满足前提条件②，因此不存在，不稳定。若不满足条件③- $C_{b1}+C_{b2}+M_2^a<0$ ，条件④ $C_2-C_1+eT_m+nT_b+\lambda R_c^\beta<0$ ，则为不稳定点。

如表 4-3 所示，直播平台稳定于宽松监管时，当满足条件③、④时，也即是直播平台严格监管成本与宽松监管综合成本的差值大于直播平台严格监管的效益增值，网红主播严格选品与宽松选品的成本差值大于严格选品感知到的声誉增值时，系统存在稳定策略 (0,0,0,0)，即商家选择提供低质量产品、网红主播选择宽松选品、直播平台为了追求短期收益，策略稳定于宽松监管。在现实中对直播电商发展初期，监管制度不完善，主播带货门槛低，直播平台为扩大用户规模和效益对违规行为采取消极监管或不监管策略，消费者的基本权益无法得到保障，对直播带货产品质量持有怀疑态度。但是该策略组合的稳定需要满足条件③、④，因此为了避免该不良情况出现，直播平台应完善监管机制、降低监管成本，奖励严格品控的主播，提高网红主播严格品控的收益感知价值，充分发挥消费者协会对商品和服务进行社会监督的作用，避免策略组合 (0,0,0,0) 成为稳定均衡点。均衡点 (1,0,0,1) 是理想化的直播电商经营状态，商家提供高质量产品，消费者选择购买，但是该均衡点并不稳定，网红主播宽松品控和直播平台宽松监管给提供劣质产品的商家提供了可乘之机，随着时间的推移，商家提供低质量产品的意愿增强，不利于直播电商的高质量发展

4.3 数值仿真模拟分析

为了验证上述理论分析的科学性，借鉴文献^[1, 2, 4, 41, 56, 60, 62]参数设置并结合

辛巴糖水燕窝案例对模型参数进行初始赋值，运用 MATLAB 分析复制动态系统中关键参数变化对直播电商四方主体策略选择的影响。

根据数据显示，快手平台的辛巴带货燕窝当日起至茗挚燕窝旗舰店被关闭期间，天猫茗挚牌燕窝旗舰店线上交易总金额达到 1992.8539 万元，结合文章研究背景和参数设定情况，设商家借助主播售卖产品获得的收益 $Q=19.93$ 。同年 11 月 19 日，王海指出辛巴所售燕窝检测报告称该燕窝由糖水构成，单份燕窝加上包材、内容物、加工费、工业成本不足 1 元，结合产品售卖情况及本文参数设定，设商家提供低质量产品成本 $C_{m2}=1$ ，提供高质量产品成本 $C_{m1}=10$ 。参考汪旭辉和任晓雪等^[56]参数设定和辛巴燕窝事件处罚情况，假设直播平台严格监管发现提供低质量产品商家的概率 $e=0.5$ ，实施扣除保证金、下架产品、禁止商家入驻平台、封停账号等对商家的综合处罚 $T_m=48$ ，严格监管发现主播宽松选品的概率 $n=0.5$ ，对主播进行封停账号、限流等综合处罚 $T_b=38$ 。参考汪旭辉和任晓雪^[12]参数设置，商家通过直播平台售卖低质量产品对直播平台的声誉、用户量流失等造成影响，设损失 $R_c=20$ 。设主播直播带货获得的销售提成、粉丝增加等综合收益 $W=12$ ，严格选品成本 $C_{b1}=5$ ，主播严格品控将会拒绝带货低质量产品的商家，给商家带来的综合损失 $M_1=25$ 。严格品控的主播带货转化率提高，收益增值 $M_2=24$ 。主播宽松品控运营成本 $C_{b2}=1$ 。消费者选择购买产品的成本 $C_r=4$ ，参考汪旭辉等^[41]的参数设置，假设消费者对高质量产品的评估价值 $f=8$ 。消费者购买到劣质产品时，存在概率 $h=0.8$ 向直播平台进行反馈，直播平台严格监管时，商家退还、赔付消费者的费用 $G=19$ 。直播平台宽松监管时，消费者通过消费者协会投诉的概率 $z=0.5$ 。消费者协会监督、曝光劣质产品对主播造成的声誉损失、粉丝流失等经济损失 $S_1=6$ ，对商家造成的声誉等经济损失 $S_2=8$ 。参考刘建刚等^[2]的参数设置，直播平台严格监管成本 $C_1=6$ ，宽松监管成本 $C_2=2$ 。根据 Kahneman 和 Tversky^[4]的研究，设收益与损失价值函数的边际递减敏感性程度 α 、 β 取 0.88，损失规避系数 λ 取 2.25，此时价值函数最能反映决策者的行为偏好。设各博弈主体初始策略的选择均为 0.5。

4.3.1 利益主体初始选择概率的相互影响

通过设置 $m=1$ 表示商家提供高质量产品； $b=0$ 和 $b=1$ 分别表示主播宽松选品和严格选品的两种选品策略； $g=0$ 和 $g=0.8$ 分别表示直播平台宽松监管和严格

监管两种监管强度； $r=1$ 表示消费者购买产品。系统演化轨迹如图 4-6 所示。

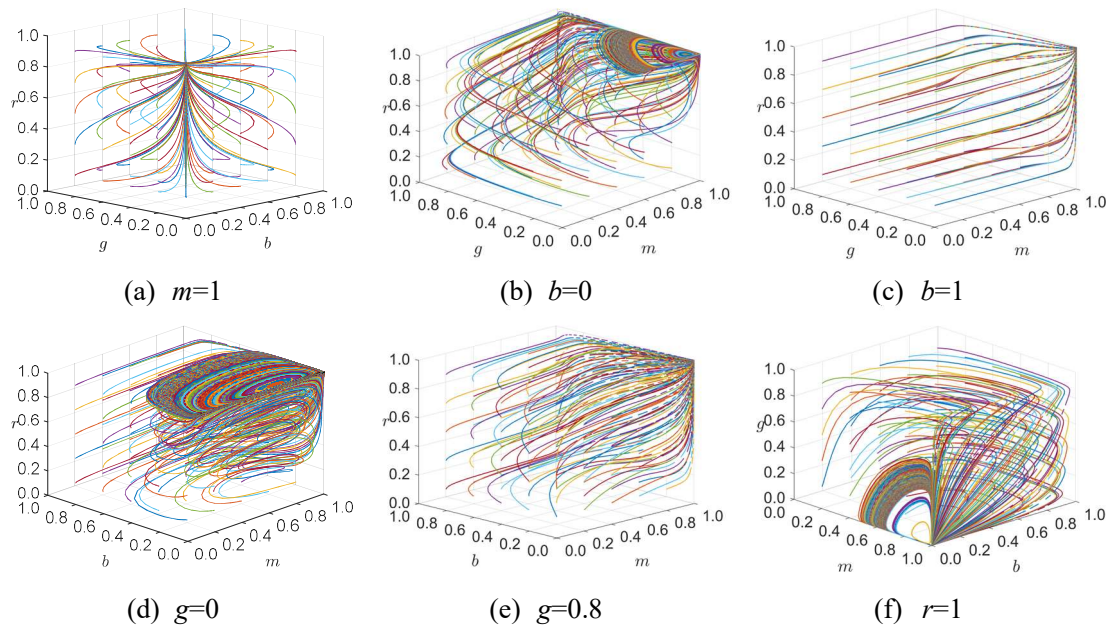


图 4-6 决策主体初始选择概率的相互影响

由图 4-6 可知，当商家的初始策略是提供高质量产品时，系统将演化至稳定点(1,0,0,1)，此时为直播电商的最理想状态。但是从图 4-6(b)和图 4-6(d)中可以发现，网红主播宽松选品和直播平台宽松监管的两种状态下，系统并不存在稳定点，缺少品控机制和监管机制约束的直播电商乱象滋生，正如直播电商发展初期，辛巴团队宽松品控而引发的“糖水燕窝”事件，不仅侵害消费者权益，对平台和自身也造成恶劣影响。当消费者的策略稳定在购买产品时，如图 4-6(f)所示，系统也难以达到稳定点，对应现实中明星卖货，粉丝买单的情形，自身流量和粉丝团队的支撑使得部分明星忽视了产品品控过程，出现产品质量问题，如潘长江和谢孟伟卖假酒，粉丝群体受情感因素的影响依然为其买单。如图 4-6(c)和图 4-6(e)所示，网红主播严格选品和直播平台严格监管两种情形下均有利于规范直播带货的发展，且网红主播严格选品能够加速系统收敛于稳定点。因此网红主播和直播平台的策略选择是系统达到理想状态的关键因素，直播平台完善监管机制、网红主播升级品控机制能够有效推进直播电商的高质量发展。

4.3.2 责任共担系数对博弈主体策略演化的影响

如图 4-7 所示，博弈系统对责任共担系数的变化较为敏感，随着责任共担系数 q （分别取 0.7、0.5、0.3）的减小，系统震荡幅度急速降低。图 4-7(a)中，提供低质量产品的商家承担责任较小时，商家选择提供低质量产品能够获得超额

利润，其策略演化轨迹变化频率较大，直播平台为了维护电商秩序，策略选择跟随商家的策略选择变化，难以演化至稳定状态。图 4-7(b)表明，网红主播和商家选择责任均担时，商家违规行为的责任负担增加，但由于依然存在利益空间，存在较高的概率选择提供低质量产品。图 4-7(c)表明，当商家的不合规行为所承担的责任较大时，系统将演化至稳定点(1,0,0,1)，也即是商家为了避免风险选择提供高质量产品，网红主播选择宽松选品，直播平台选择宽松监管，消费者购买产品，四方利益主体决策协调达到稳定状态。

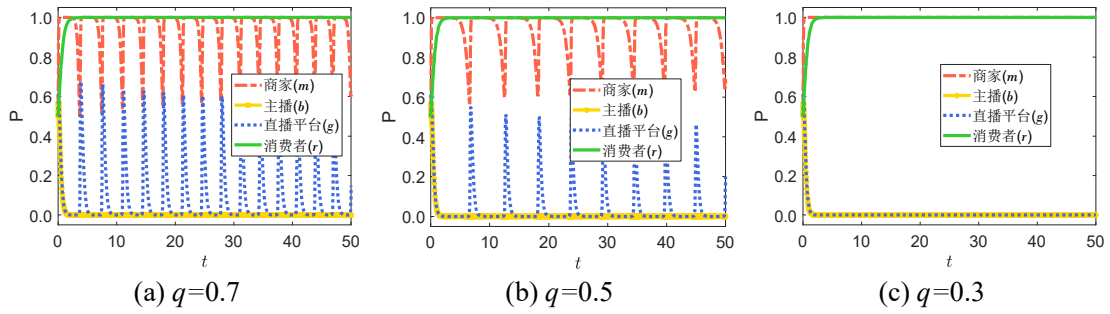


图 4-7 责任共担系数对博弈主体策略演化的影响

4.3.3 收益感知价值敏感系数对博弈主体策略演化的影响

α 表示收益感知价值函数的边际递减程度，取 $\alpha=0.2$ 、 0.7 、 1 ，其余参数取值保持不变^[29]，可以发现消费者的行为决策演化轨迹变动明显。

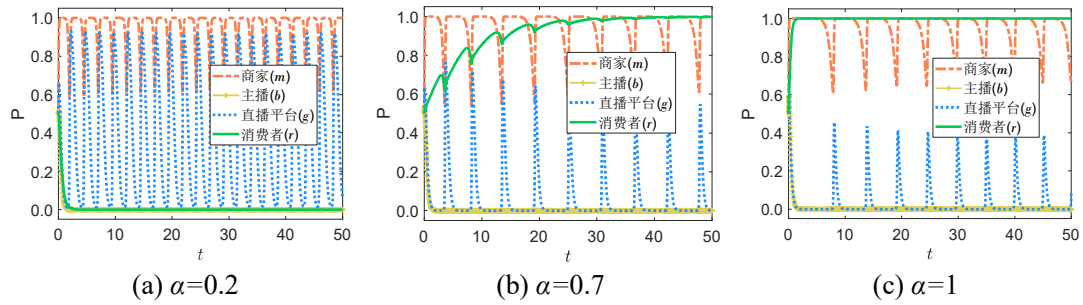


图 4-8 收益感知价值对博弈主体策略演化的影响

图 4-8 中， α 取 0.2 时，消费者购买产品的收益感知价值较低，产品的吸引力较弱，为了避免不必要的损失，消费者的策略稳定于不购买产品。当 α 为 0.7 时，消费者对产品的收益感知价值增加，随着时间的演化，策略逐渐稳定于购买产品。当 α 为 1 时，消费者对产品的收益感知价值升至较高水平，产品的吸引力增强，在现实中体现在商家或网红主播通过赠送礼品、优惠机制等行为提高消费者的收益感知价值，消费者的策略快速收敛于购买产品。由此可见，消费者对产品的收益感知价值较为敏感，当收益感知价值较高时，消费者容易陷

入直播电商的营销陷阱，产生冲动购买行为。

4.3.4 损失感知价值敏感系数对博弈主体策略演化的影响

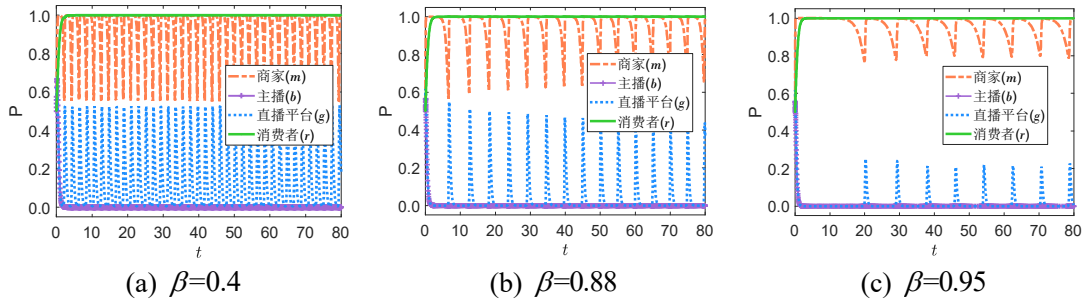


图 4-9 博弈主体感知损失对各方策略演化的影响

β 表示损失感知价值函数的边际递减程度，参照刁姝杰等^[60]的参数设置，取 $\beta=0.4$ 、 0.88 、 0.95 ，商家和直播平台的策略变化趋势显著。图 4-9(a)表明， β 取 0.4 时，博弈主体的风险意识较弱、谋求超额利润的意愿较高，商家投机行为的概率增加，倾向于选择提供低质量产品。由于直播平台和消费者协会的监管，商家的策略选择受到限制，变化频率较高，系统演化呈现周期循环趋势，难以达到策略协调稳定状态。图 4-9(b)中， β 增加至 0.88 时，虽然系统演化趋势未变，但随着损失价值的感知程度加深，商家的策略演化轨迹变化频率显著降低，停留在提供高质量产品的时间延长。图 4-9(c)中， β 为 0.95 时，提供低质量产品的商家风险感知持续加深，商家为规避损失风险保持较高的概率选择提供高质量产品。随着 β 的持续增长，商家的风险意识增强，停留在提供高质量产品的时间和概率显著增加，因此博弈主体的损失价值感知程度是影响其策略选择的重要因素，提高商家对风险感知的认知、加强风险意识能有效缓解直播电商产品质量问题。

4.3.5 损失规避系数对博弈主体策略演化的影响

为了分析博弈主体损失规避程度对系统演化的影响，取 $\lambda=1.25$ 、 2.25 、 3.25 ^[29]， λ 值越大代表越厌恶风险，损失规避程度越高。图 4-10 表明，随着损失规避系数的增加商家逐渐稳定于提供高质量产品。图 4-10(a)中， λ 取 1.25 时，商家的损失规避程度较低，为了追求自身利益最大化，商家投机行为的活跃度

提高，直播平台和消费者协会的监管制约着商家的不合规行为，因此系统难以达到稳定状态。图 4-10(b)中， λ 取 2.25 时，商家的损失规避程度提高，为了防止提供低质量产品带来的风险损失增加，商家的策略选择变化频率降低，选择提供高质量产品的意愿提高。图 4-10(c)中， λ 增加至 3.25 时，商家对损失的规避程度较高，系统演化至稳定点 (1,0,0,1)，即商家为了规避提供低质量产品来的风险损失而选择提供高质量产品，网红主播出于自身利益最大化选择宽松选品，直播平台宽松监管，直播电商产品质量得到保障，消费者选择购买产品。因此，损失规避系数越高，商家提供高质量产品的意愿越高，越有利于直播电商的高质量发展。

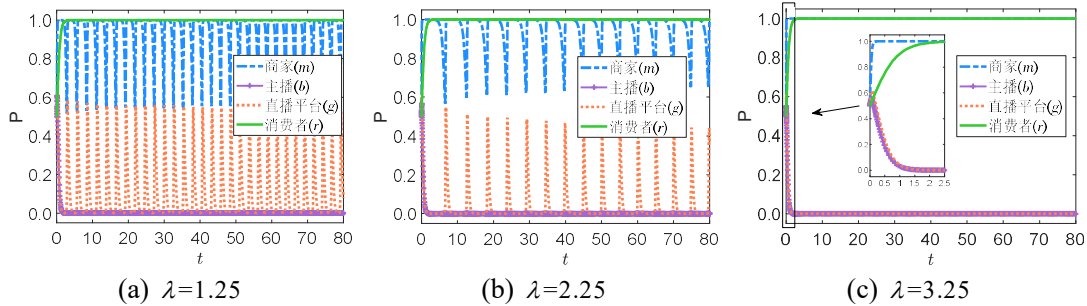


图 4-10 损失规避系数对各方主体策略演化的影响

4.3.6 随机扰动对博弈主体策略演化的影响

取 $\sigma=1$ 、0 表示系统稳定状态下随机扰动有和无两种状态下的博弈过程。

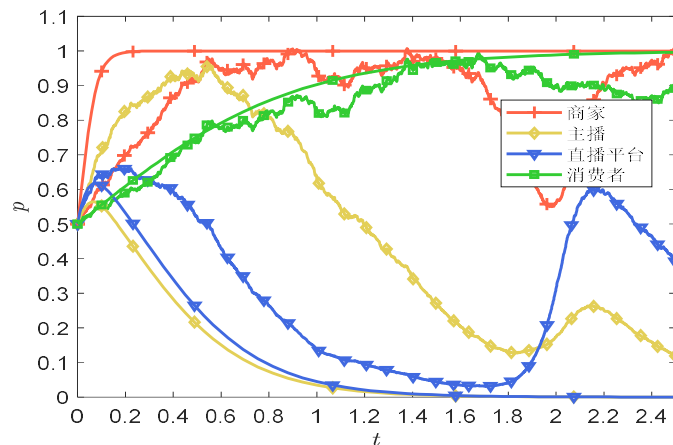


图 4-11 随机扰动对各方主体策略演化的影响

图 4-11 表明，在没有随机扰动的情形下，利益主体能够快速达到稳定状态，商家和消费者策略概率稳定于 1，直播平台 and 主播策略概率稳定于 0，此时为直播电商的理想均衡状态。当加入随机扰动后，利益主体的策略出现大幅度波动，

且直播平台策略波动的幅度显著受到商家行为策略变化的影响，当商家提供高质量产品的意愿不断降低时，直播平台立即做出反应来抑制商家的违规行为。前期网红主播严格选品的意愿较为强烈，随着商家和消费者策略的逐渐稳定，其严格选品的意愿迅速下降，当商家的策略出现显著波动时，网红主播的策略也会发生转变。正如辛巴糖水燕窝事件引发的网络舆情问题，快手直播平台迅速做出监管处罚措施以抑制商家的违规行为，降低损失，并加强对网红主播选品的监管，保障消费者权益。随机扰动增加了直播平台治理的难度，各方利益主体会判断随机扰动带来的损益程度，并做出行为抉择，因此直播平台在治理过程中需要重视随机扰动产生的影响。

4.4 本章小结

本章基于演化博弈理论和前景理论，从价值和风险感知的视角分析利益主体的行为演变倾向，并分析随机扰动因素对利益主体稳定策略的影响，以探究环境不确定因素和非理性心理因素共同作用下系统演化趋势的变化，主要结论如下：

（1）网红主播和直播平台的初始决策影响着主体之间利益协调的稳定性，降低直播平台严格监管成本与宽松监管成本之间的差值有利于调动直播平台积极监管的主动性。网红主播的选品策略受到直播平台监管强度的影响，直播平台完善监管机制、网红主播升级品控机制能够有效推进直播电商的高质量发展，但市场恶性竞争、网络水军诱导、产品质量舆情等随机因素会改变网红主播严格品控、直播平台严格监管策略的稳定性。

（2）商家和网红主播责任共担能够有效降低劣质产品流入市场的概率，网红主播共担责任能够保持直播电商发展活力的同时提高严格选品的主动性。当直播电商利益主体责任界定模糊时，容易引发产品质量舆情。商家和网红主播共担责任能够降低主体因侥幸心理而产生的违规行为。增加商家的责任共担比例能够显著抑制其提供低质量产品的行为，是从源头上消解直播电商选品质量问题的关键所在。

（3）收益感知激发消费者购买产品的积极性，损失感知对网红主播和直播平台的违规行为具有显著抑制作用。当消费者购买产品的收益感知价值较高时，购买产品的意愿增强，但其购买策略受产品质量、安全舆情等随机扰动因

素的影响。当消费者的感知价值下降时，购买产品的意愿迅速下降。网红主播和直播平台对损失感知价值更为敏感，当感知到违规行为带来的风险损失较大时，其违规意愿显著降低。

（4）风险规避水平决定了网红主播和直播平台的行为倾向，而网红主播和直播平台的主观判断、乐观偏见等心理认知会促使其产生违规行为。提高网红主播和直播平台规避风险的意识，能够促进网红主播稳定于严格选品，直播平台稳定于严格监管。当网红主播感知损失大于严格选品与宽松选品之间的成本差值时，网红主播更倾向于严格选品，此时网红主播行为策略的稳定性受到市场竞争等随机扰动强度的影响变小。

第5章 直播电商数据监管与选品质量优化决策分析

第三章讨论了直播电商数据造假的内在机理和治理措施，以抑制直播电商参与主体数据造假的违规行为，促进参与主体更多的关注产品质量；第四章在第三章的基础上进一步讨论了直播电商如何提高选品质量的内在机理和演化机制，以促进直播电商的高质量发展。直播电商数据造假和产品质量问题均会造成逆向物流成本的显著增加，整体效率降低，企业的直播经济效益难以提升^[3]。因此，为进一步协调和优化直播电商中参与主体之间的行为决策，更有效地抑制直播电商数据造假和产品粗制滥造的行为，使得参与主体协同合作从而达到较为理想的均衡状态，本章通过微分博弈理论，深入分析不同决策情景下参与主体之间的博弈关系和直播电商数据监管与选品质量决策的最优控制。

5.1 问题描述与研究假设

5.1.1 问题描述

随着短视频平台规模的扩大，直播电商呈现井喷式发展，但是直播电商行业在经营过程中存在数据造假、产品假冒伪劣等问题，而这些问题也是造成直播电商产品退货率居高不下的关键因素。因此，本章研究的一个重要问题是直播电商由于数据造假和产品质量问题引发的较高退货率冲击下的商家和网红主播的最优策略抉择（努力程度）。考虑商家的产品生产质量努力水平、网红主播的诚信带货努力水平（是否数据造假、是否严格选品）、退货成本损失以及网红主播声誉损失、消费者直播购物水平的动态变化情形，商家向网红主播提供样品，网红主播进行选品并通过直播间售卖产品，监管部门会曝光直播电商数据造假和产品假冒伪劣的行为。商家决定产品生产的质量投入努力，并按照约定给予网红主播一定比例的产品收益抽成；网红主播决定诚信带货的投入努力来吸引更多的消费者直播购物，从而提高自身收益。同时，一定条件下也分担由于数据造假和产品质量问题引发的退货成本。通过退货成本摊配机制来进一步抑制直播电商数据造假和选品质量问题，提高直播电商的整体效益，实现共享共赢的目的。

5.1.2 研究假设

假设 1：参考叶同^[63]和 Li^[64]的成本函数设置，商家和网红主播在 t 时刻的投入成本可以用二次凸函数来刻画，即： $C_{s1}(t) = \frac{a}{2}M_s^2(t)$ ， $C_{r1}(t) = \frac{b}{2}M_r^2(t)$ ，其中 a, b 表示商家的质量努力成本系数和主播的诚信带货努力成本系数； $M_s(t)$ 表示商家的产品生产质量水平，为生产更好的产品所付出的努力程度； $M_r(t)$ 表示网红主播的诚信带货努力水平，为吸引更多的消费者直播购物而不断提高自身影响力、粉丝数量、直播间人数、直播销量、选品质量而进行的努力。

假设 2：借鉴王文隆^[65]等对收益变量的设置，假设商家的生产质量水平对收益的影响系数为 R_s ；网红主播诚信带货水平对收益的影响系数为 R_r ，直播电商总效益设为 W ，即直播带货产生的综合效益，受到商家和网红主播努力程度的影响，同时也受到消费者直播购物水平的影响， G_{RS} 表示平台对直播带货的流量支持以及优惠政策等基础效益，具体表达式为：

$$W = G_{RS} + R_r M_r(t) + R_s M_s(t) + (\omega + \varepsilon) Q(t) \quad (5-1)$$

式(5-1)中， W 为直播电商的综合效益，其中初始效益 $G_{RS} > 0$ ， ω 表示平台给予消费者的直播购物补贴或优惠政策的激励系数， ε 表示消费者直播购物水平对总收益的影响程度。

假设 3：商家销售低质量产品或采取数据造假等违规手段提升产品销量时会产生较高退货率，假设产生的退货成本占总成本的比例为 η ， $0 \leq \eta \leq 1$ ，则退货成本为 $C_{s2}(t) = \frac{a\eta}{2}M_s^2(t)$ 。监管部门对网红主播数据造假的违规行为进行点名批评，其声誉损失成本系数设为 k ，声誉损失成本为 $C_{r2}(t) = \frac{k}{2}M_r^2(t)$ 。

假设 4：消费者直播购物水平表现为通过直播平台对直播电商的关注度以及购买频率、消费水平等因素综合测算，且受到商家和网红主播努力水平的影响，是一个随着时间的演变呈现自然衰减的动态过程，具体表示为：

$$\dot{Q}(t) = f_s M_s(t) + f_r M_r(t) - \theta Q(t) \quad (5-2)$$

式(5-2)中， $Q(t)$ 为消费者直播购物水平，表现为消费者对直播带货的关注度、直播购物力度等。初始值 $Q(0) = \Delta Q > 0$ ， $f_s > 0$ ， $f_r > 0$ 分别表示商家和网

红主播的诚信带货努力程度对消费者直播购物水平产生的影响， $\theta > 0$ 表示自然衰减或消费者直播购物热情减退造成的影响。

假设 5：假设商家和网红主播均为基于完全信息下进行的理性决策。商家和网红主播具有相同的正贴现率。网红主播直播带货的收益抽成比例为 ψ ， $\psi \in [0,1]$ 。

根据上述假设，本文的关键变量符号及其含义如表 5-1 所示。

表 5-1 损益变量符号及其具体含义

损益变量	具体含义
$M_S(t)$	商家产品生产质量水平
R_S	商家质量努力对收益的影响系数（ $R_S > 0$ ）
ε	消费者直播购物水平对收益的影响系数（ $\varepsilon > 0$ ）
ω	基于消费者直播购物水平的平台补贴系数（ $0 \leq \omega \leq 1$ ）
G_{RS}	直播带货初始效益，包括平台流量支持、优惠补贴政策等（ $\Delta p > 0$ ）
$C_{S1}(t)$	商家生产、销售产品付出的人力、物力、财力等综合成本
$C_{S2}(t)$	消费者退货产生的退货成本
a	商家生产质量努力成本系数（ $a > 0$ ）
δ	网红主播承担的退货成本比例（ $0 \leq \delta \leq 1$ ）
$M_R(t)$	网红主播诚信带货的努力水平，包括选品、直播间流量、销售数量等
$C_{R1}(t)$	网红主播运营、选品等耗费的时间、精力、财力等综合成本
$C_{R2}(t)$	监管部门曝光网红主播数据造假时，网红主播的声誉损失
b	网红主播带货努力成本系数（ $b > 0$ ）
k	网红主播数据造假等违规带货的声誉损失成本系数（ $k > 0$ ）
ψ	网红主播带货获得的收益抽成比例（ $0 < \psi < 1$ ）
f_S	商家努力水平对消费者直播购物的影响系数（ $f_S > 0$ ）
f_R	网红主播努力水平对消费者直播购物的影响系数（ $f_R > 0$ ）
R_R	网红主播带货努力收益的影响系数（ $R_R > 0$ ）
θ	自然衰减或消费者遗忘产生的影响
$Q(t)$	消费者直播购物水平
η	退货成本占商家质量成本的比例（ $0 \leq \eta \leq 1$ ）
ρ	贴现率

综上所述，商家和网红主播的最优控制问题分别为：

$$J_S = \max_{M_S(t)} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left[(1-\psi)[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta(1-\delta)}{2} M_S^2(t) \right] dt \quad (5-3)$$

$$J_R = \max_{M_R(t)} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left[\psi[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t) - \frac{a\eta\delta}{2} M_S^2(t) \right] dt \quad (5-4)$$

5.2 模型构建与分析

本文利用微分博弈模型分析直播电商在高退货率冲击的情形下商家和网红主播的策略协调问题，在一个无限长时期内，考虑三种情景：（1）无退货成本摊配的分散式决策，商家和网红主播相互独立平等的 Nash 非合作博弈模型，在此情景下，商家独自承担产品退货成本；（2）有退货成本摊配的分散式决策，网红主播为领导者，商家为跟随者的主从博弈模型，网红主播在一定条件下分担一定比例的产品退货成本，激励商家提高产品质量水平和直播销售意愿；（3）集中式决策，商家和网红主播合作销售产品，以直播电商总利润最大化为目标，为了便于分析书写，下文将省略时间变量 t 。

5.2.1 直播电商无退货成本摊配的分散式决策

本文用上标 H 表示无退货成本摊配的直播电商分散式决策情景模式，在此情景下，网红主播不承担产品退货成本，即 $\delta = 0$ 。商家和网红主播分别决策自身努力水平，决策目标均为追求自身利益最大化。商家和网红主播的最优控制问题可表示为：

$$J_S = \max_{M_S(t)} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left[(1-\psi)[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta}{2} M_S^2(t) \right] dt \quad (5-5)$$

$$J_R = \max_{M_R(t)} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left[\psi[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t) \right] dt \quad (5-6)$$

$$\text{令 } V_S^H = \max_{M_S(t)} \int_t^{\infty} e^{-\rho(s-t)} \left[(1-\psi)[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta}{2} M_S^2(t) \right] ds ,$$

$$V_R^H = \max_{M_R(t)} \int_t^{\infty} e^{-\rho(s-t)} [\psi[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t)] ds$$

，则可得 $J_S^H = e^{-\rho t} V_S^H$ ， $J_R^H = e^{-\rho t} V_R^H$ 。根据最优控制理论，可分别得到商家和网红主播的哈密顿—雅克比—贝尔曼（Hamiiton-Jacobi-Bellman-HJB）方程(5-7)和(5-8)：

$$\rho V_S^H = \max_{M_S(t)} \left(\begin{aligned} & (1-\psi)[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \\ & \frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta}{2} M_S^2(t) + \frac{\partial V_S}{\partial Q} [f_S M_S(t) + f_R M_R(t) - \theta Q(t)] \end{aligned} \right) \quad (5-7)$$

$$\rho V_R^H = \max_{M_R(t)} \left(\begin{aligned} & \psi[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{b}{2} M_R^2(t) \\ & - \frac{k}{2} M_R^2(t) + \frac{\partial V_R}{\partial Q} [f_S M_S(t) + f_R M_R(t) - \theta Q(t)] \end{aligned} \right) \quad (5-8)$$

通过对无退货成本摊配分散式决策模型进行求解可得命题 1:

命题 1: 在无退货成本摊配的直播电商分散式决策中, (a) 商家和网红主播的最优努力分别为:

$$M_S^{H*}(t) = \frac{(1-\psi)(\omega + \varepsilon)f_S}{a(1+\eta)(\rho + \theta)} + \frac{(1-\psi)R_S}{a(1+\eta)}, \quad M_R^{H*}(t) = \frac{\psi(\omega + \varepsilon)f_R}{(k+b)(\rho + \theta)} + \frac{\psi R_R}{b+k}$$

(b) 消费者直播购物水平的最优轨迹函数为:

$$Q^{H*}(t) = \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{H*}(t) + f_R M_R^{H*}(t)] + \left(\Delta Q - \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{H*}(t) + f_R M_R^{H*}(t)] \right) e^{-\theta t}$$

$Q_{d\infty}^H$ 为 $t \rightarrow \infty$ 时的消费者直播购物水平的稳态值:

$$Q_{d\infty}^H = \frac{1}{\theta} \left(\frac{(1-\psi)(\omega + \varepsilon)f_S^2}{a(1+\eta)(\rho + \theta)} + \frac{f_S(1-\psi)R_S}{a(1+\eta)} + \frac{\psi(\omega + \varepsilon)f_R^2}{(k+b)(\rho + \theta)} + \frac{f_R\psi R_R}{b+k} \right)$$

(c) 商家和网红主播的收益最优值函数分别为:

$$J_S^{H*} = e^{-\rho t} \left[\frac{(1-\psi)(\omega + \varepsilon)}{\rho + \theta} Q(t) + \frac{1}{\rho} \left(\begin{aligned} & (1-\psi)G_{RS} + \frac{\psi(1-\psi)[(\rho + \theta)R_R + (\omega + \varepsilon)f_R]^2}{(k+b)(\rho + \theta)^2} \\ & + \frac{(1-\psi)^2[(\rho + \theta)R_S + (\omega + \varepsilon)f_S]^2}{2a(1+\eta)(\rho + \theta)^2} \end{aligned} \right) \right]$$

$$J_R^{H*} = e^{-\rho t} \left[\frac{\psi(\omega + \varepsilon)}{\rho + \theta} Q(t) + \frac{1}{\rho} \left(\begin{aligned} & \psi G_{RS} + \frac{\psi^2[(\rho + \theta)R_R + (\omega + \varepsilon)f_R]^2}{2(b+k)(\rho + \theta)^2} \\ & + \frac{\psi(1-\psi)[(\rho + \theta)R_S + (\omega + \varepsilon)f_S]^2}{a(1+\eta)(\rho + \theta)^2} \end{aligned} \right) \right]$$

证明: 针对商家的 HJB 方程, 令 $\frac{\partial \rho V_S^H}{\partial M_S} = 0$, 得到

$$-a(1+\eta)M_S(t) + (1-\psi)R_S + \frac{\partial V_S}{\partial u} f_S = 0, \quad \text{因此 } M_S^H(t) = \frac{f_S}{a(1+\eta)} \frac{\partial V_S}{\partial Q} + \frac{(1-\psi)R_S}{a(1+\eta)}; \quad \text{同}$$

理可得 $M_R^H(t) = \frac{\psi R_R}{(k+b)} + \frac{f_R}{(k+b)} \frac{\partial V_R}{\partial Q}$ 。将 $M_S^H(t)$ 和 $M_R^H(t)$ 带入到商家和网红主播

的 HJB 方程中, 可得:

$$\begin{aligned} \rho V_S^H = & \left((1-\psi)(\omega+\varepsilon) - \theta \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right) Q(t) + \frac{1}{2a(1+\eta)} \left((1-\psi)R_S + f_S \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right)^2 \\ & + \frac{1}{(k+b)} \left((1-\psi)R_R + f_R \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right) \left(\psi R_R + f_R \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right) + (1-\psi)G_{RS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho V_R^H = & \left(\psi(\omega+\varepsilon) - \theta \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right) Q(t) + \frac{1}{2(k+b)} \left(\psi R_R + f_R \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right)^2 + \\ & \frac{1}{a(1+\eta)} \left((1-\psi)R_S + f_S \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right) \left(\psi R_S + f_S \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right) + \psi G_{RS} \end{aligned}$$

根据上述微分方程的阶数特点, 假设最优价值函数 V_S^H , V_R^H 是关于 Q 的线性解析式, 令 $\begin{cases} V_S^H = g_1 Q(t) + g_2 \\ V_R^H = I_1 Q(t) + I_2 \end{cases}$, 其中 g_1 、 g_2 、 I_1 、 I_2 均为常数, 根据待定系数

法 可 得 $g_1^{H*} = \frac{(1-\psi)(\omega+\varepsilon)}{\rho+\theta}$ 、 $I_1^{H*} = \frac{\psi(\omega+\varepsilon)}{\rho+\theta}$ 、

$$g_2^{H*} = \frac{(1-\psi)G_{RS}}{\rho} + \frac{\psi(1-\psi)[(\rho+\theta)R_R + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{\rho(k+b)(\rho+\theta)^2} + \frac{(1-\psi)^2[(\rho+\theta)R_S + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2\rho a(1+\eta)(\rho+\theta)^2} 、$$

$$I_2^{H*} = \frac{1}{\rho} \left[\psi G_{RS} + \frac{\psi^2[(\rho+\theta)R_R + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{2(k+b)(\rho+\theta)^2} + \frac{\psi(1-\psi)[(\rho+\theta)R_S + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{a(1+\eta)(\rho+\theta)^2} \right]。$$

因此商家和网红主播的最优努力分别为:

$$M_S^{H*}(t) = \frac{(1-\psi)(\omega+\varepsilon)f_S}{a(1+\eta)(\rho+\theta)} + \frac{(1-\psi)R_S}{a(1+\eta)}, \quad M_R^{H*}(t) = \frac{\psi(\omega+\varepsilon)f_R}{(k+b)(\rho+\theta)} + \frac{\psi R_R}{(k+b)}$$

消费者直播购物水平的最优轨迹函数为:

$$Q^{H*}(t) = \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{H*}(t) + f_R M_R^{H*}(t)] + \left(\Delta Q - \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{H*}(t) + f_R M_R^{H*}(t)] \right) e^{-\theta t}$$

商家和网红主播的收益最优值函数分别为:

$$J_S^{H*} = e^{-\rho t} V_S^H = e^{-\rho t} [g_1^{H*} Q(t) + g_2^{H*}], \quad J_R^{H*} = e^{-\rho t} V_R^H = e^{-\rho t} [I_1^{H*} Q(t) + I_2^{H*}]$$

命题 1 表明: 无退货成本摊配的分散式决策下商家和网红主播的最优努力

水平，消费者直播购物的稳态值，商家和网红主播的最优值函数现值，通过分析发现：

$$(1) \quad \frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial \psi} < 0, \quad \frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial R_s} > 0, \quad \frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial f_s} > 0, \quad \frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial \eta} < 0, \quad \text{即商家的生}$$

产质量努力水平与收益抽成比例 ψ 、产品退货成本占比系数 η 负相关，与购物

水平影响系数 f_s 、收益影响系数 R_s 正相关。 $\frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial \psi} > 0, \quad \frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial R_R} > 0,$

$\frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial f_R} > 0, \quad \frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial \eta} = 0,$ 即网红主播诚信带货努力水平与收益抽成比例 ψ 、

与购物水平影响系数 f_R 、收益影响系数 R_R 正相关。具体而言， $\frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial \psi} < 0$ 且

$\frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial \psi} > 0$ 表明，商家和网红主播之间的收益抽成比例能够直接改变其努力程

度，即收益抽成比例的调控是直播电商最优控制的关键因素。 $\frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial R_s} > 0$ 且

$\frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial R_R} > 0, \quad \frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial f_s} > 0$ 且 $\frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial f_R} > 0$ 表明，商家和网红主播的努力程度越大，

消费者购物水平越高，直播电商的整体效益越好。 $\frac{\partial M_s^{H*}(t)}{\partial \eta} < 0$ 且 $\frac{\partial M_R^{H*}(t)}{\partial \eta} = 0$ 表

明，在无退货成本摊配的分散式决策下，产品退货成本的不断增加降低了商家的

质量努力水平，但并不能改变网红主播的诚信带货努力水平。购物水平影响

系数 f_s 、 f_R 能够正向驱动商家和网红主播的努力程度，但是当直播电商内容同质

化严重时，消费衰减率 θ 较高，此时购物水平影响系数 f_s 、 f_R 将会对商家和网红

主播最优努力水平的影响迅速减弱，因此网红主播在进行直播带货时需要根据

产品属性和自身信息源特性不断创新直播方式，提高直播间人数，增加消费者

购买意愿。

$$(2) \quad \frac{\partial V_s^{H*}}{\partial \eta} < 0, \quad \frac{\partial V_s^{H*}}{\partial R_R} > 0, \quad \frac{\partial V_s^{H*}}{\partial R_s} > 0, \quad \text{即商家的最优收益与产品退货成}$$

本占比系数 η 负相关，与收益影响系数 R_s 、 R_R 正相关。 $\frac{\partial V_R^{H*}}{\partial \eta} < 0, \quad \frac{\partial V_R^{H*}}{\partial R_R} > 0,$

$\frac{\partial V_R^{H*}}{\partial R_S} > 0$ ，即网红主播的最优收益与产品退货成本占比系数 η 负相关，与收益

影响系数 R_S 、 R_R 正相关。具体而言， $\frac{\partial V_S^{H*}}{\partial \eta} < 0$ 且 $\frac{\partial V_R^{H*}}{\partial \eta} < 0$ 表明，当退货成本占

比系数 η 较高时，虽然网红主播不用承担产品的退货成本，其诚信带货努力水平也不会受到影响，但从总体效益的角度分析，直播电商退货成本增加时，总体损失也随之增加，从而导致商家和网红主播的最优收益降低，因此产品退货率较高时不利于直播电商的健康发展，降低产品退货率才能够有效提升直播电商的总体效益。 $\frac{\partial V_S^{H*}}{\partial R_R} > 0$ 且 $\frac{\partial V_S^{H*}}{\partial R_S} > 0$ ， $\frac{\partial V_R^{H*}}{\partial R_R} > 0$ 且 $\frac{\partial V_R^{H*}}{\partial R_S} > 0$ 表明，收益影响系数 R_S 、 R_R 对商家和网红主播的最优收益均具有正向影响作用。当收益影响系数较大时，商家和网红主播投入较小的努力也能促进直播电商的总体收益迅速增加，因此商家和网红主播获得的最优收益也随之增加；反之当收益影响系数较小时，商家和网红主播投入较大的努力程度也很难提升直播电商的总体收益，因此商家和网红主播的最优收益也很难提升。

5.2.2 直播电商有退货成本摊配的分散式决策

本节用上标 L 表示有退货成本摊配的直播电商分散式决策情景模式，即网红主播承担商家的部分退货成本。决策过程为：在长期的过程中，网红主播决策自身带货努力水平 $M_R(t)$ 和承担的退货成本比例 δ ，商家根据网红主播的带货努力水平和承担的退货成本比例，决策自身产品质量努力水平 $M_S(t)$ ，商家和网红主播的决策目标均为追求自身收益最大化，则商家和网红主播的最优控制问题可分别表示为：

$$J_S = \max_{M_S(t)} \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[(1-\psi)[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta(1-\delta)}{2} M_S^2(t) \right] dt \quad (5-9)$$

$$J_R = \max_{M_R(t)} \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\psi[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t) - \frac{a\eta\delta}{2} M_S^2(t) \right] dt \quad (5-10)$$

$$\text{令} \quad V_S^L = \max_{M_S(t)} \int_t^\infty e^{-\rho(s-t)} \left[(1-\psi)[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta(1-\delta)}{2} M_S^2(t) \right] ds, \quad ,$$

$$V_R^L = \max_{M_R(t)} \int_t^\infty e^{-\rho(s-t)} \left[\psi[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta\delta}{2} M_S^2(t) \right] ds, \quad \text{则可得}$$

$J_S^L = e^{-\rho t} V_S^L$, $J_R^L = e^{-\rho t} V_R^L$ 。根据最优控制理论，分别得到商家和网红主播的 HJB 方程(5-11)和(5-12)。

通过对有退货成本摊配的直播电商分散式决策模型进行求解，得到命题 2。

$$\rho V_S^L = \max_{M_S(t)} \left(\begin{aligned} & (1-\psi)[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{a}{2} M_S^2(t) \\ & - \frac{a\eta(1-\delta)}{2} M_S^2(t) + \frac{\partial V_S}{\partial Q} [f_S M_S(t) + f_R M_R(t) - \theta Q(t)] \end{aligned} \right) \quad (5-11)$$

$$\rho V_R^L = \max_{M_R(t), \delta} \left(\begin{aligned} & \psi[G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon)Q(t)] - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \\ & \frac{k}{2} M_R^2(t) - \frac{a\eta\delta}{2} M_S^2(t) + \frac{\partial V_R}{\partial Q} [f_S M_S(t) + f_R M_R(t) - \theta Q(t)] \end{aligned} \right) \quad (5-12)$$

命题2：在退货成本摊配的直播电商分散式决策中，(a) 商家和网红主播的最优努力以及退货摊配比例分别为：

$$M_S^{L*}(t) = \frac{(1-\psi)(\omega + \varepsilon)f_S}{a[1 + (1-\delta)\eta](\rho + \theta)} + \frac{(1-\psi)R_S}{a[1 + (1-\delta)\eta]}, \quad M_R^{L*}(t) = \frac{\psi(\omega + \varepsilon)f_R}{(k+b)(\rho + \theta)} + \frac{\psi R_R}{(k+b)},$$

$$\delta^* = \begin{cases} \frac{(3\psi-1)(1+\eta)}{\eta(1+\psi)}, & \frac{1}{3} \leq \psi < 1 \\ 0, & 0 < \psi < \frac{1}{3} \end{cases}$$

(b) 消费者直播购物水平的最优轨迹函数为：

$$Q^{L*}(t) = \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{L*}(t) + f_R M_R^{L*}(t)] + \left(\Delta Q - \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{L*}(t) + f_R M_R^{L*}(t)] \right) e^{-\theta t}$$

$Q_{d\infty}^L$ 为 $t \rightarrow \infty$ 时的消费者直播购物水平的稳态值为：

$$Q_{d\infty}^L(t) = \frac{1}{\theta} \left(\frac{(1-\psi)(\omega + \varepsilon)f_S^2}{a[1 + (1-\delta)\eta](\rho + \theta)} + \frac{f_S(1-\psi)R_S}{a[1 + (1-\delta)\eta]} + \frac{\psi(\omega + \varepsilon)f_R^2}{(k+b)(\rho + \theta)} + \frac{\psi f_R R_R}{(k+b)} \right)$$

(c) 商家和网红主播的收益最优值函数分别为：

$$J_S^{L*} = e^{-\rho t} \left[\frac{(1-\psi)(\omega + \varepsilon)}{\rho + \theta} Q(t) + \frac{1}{\rho} \left(\begin{aligned} & (1-\psi)G_{RS} + \frac{\psi(1-\psi)[(\rho + \theta)R_R + (\omega + \varepsilon)f_R]^2}{(k+b)(\rho + \theta)^2} \\ & + \frac{(1-\psi)^2[(\rho + \theta)R_S + (\omega + \varepsilon)f_S]^2}{2a[1 + (1-\delta)\eta](\rho + \theta)^2} \end{aligned} \right) \right]$$

$$J_R^{L*} = e^{-\rho t} \left[\frac{\psi^2 [R_R(\rho + \theta) + (\omega + \varepsilon)f_R]^2}{2\rho(k+b)(\rho + \theta)^2} + \frac{\psi(1-\psi)[R_S(\rho + \theta) + (\omega + \varepsilon)f_S]^2}{a\rho[1 + (1-\delta)\eta](\rho + \theta)^2} \right. \\ \left. + \frac{\psi Q(t)(\omega + \varepsilon)}{\rho + \theta} - \frac{\eta\delta(1-\psi)^2 [R_S(\rho + \theta) + (\omega + \varepsilon)f_S]^2}{2a\rho[1 + (1-\delta)\eta]^2(\rho + \theta)^2} + \frac{\psi G_{RS}}{\rho} \right]$$

证明：针对商家的 HJB 方程，令 $\frac{\partial \rho V_S^L}{\partial M_S} = 0$ ，得到 $(1-\psi)R_S - a[1 + (1-\delta)\eta]M_S(t) + \frac{\partial V_S}{\partial Q} f_S = 0$ ，即 $M_S^L(t) = \frac{(1-\psi)R_S + (\partial V_S / \partial Q) f_S}{a[1 + (1-\delta)\eta]}$ ，

将 $M_S^L(t)$ 带入主播的 HJB 方程可得：

$$\rho V_R^L = \max_{M_R(t), \delta} \left(\psi \left(G_{RS} + R_R M_R(t) + \frac{(1-\psi)R_S^2 + R_S(\partial V_S / \partial Q) f_S}{a[1 + (1-\delta)\eta]} + (\omega + \varepsilon)Q(t) \right) \right. \\ \left. - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t) - \frac{\eta\delta}{2a} \left(\frac{(1-\psi)R_S + (\partial V_S / \partial Q) f_S}{[1 + (1-\delta)\eta]} \right)^2 + \right. \\ \left. \frac{\partial V_R}{\partial Q} \left(\frac{f_S(1-\psi)R_S + (\partial V_S / \partial Q) f_S^2}{a[1 + (1-\delta)\eta]} + f_R M_R(t) - \theta Q(t) \right) \right)$$

由 ρV_R^L 分别对 M_R 和 δ 求一阶偏导数可得：

$$M_R^L(t) = \frac{1}{(k+b)} \left(\psi R_R + f_R \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right), \\ \delta = \frac{(1+\eta)[(3\psi-1)R_S + 2f_S(\partial V_R / \partial Q) - f_S(\partial V_S / \partial Q)]}{\eta[(\psi+1)R_S + 2f_S(\partial V_R / \partial Q) + f_S(\partial V_S / \partial Q)]}$$

将 M_R^L 、 M_S^L 和 δ 带入到商家和网红主播的 HJB 方程，整理可得：

$$\rho V_S^L = \left((1-\psi)(\omega + \varepsilon) - \theta \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right) Q(t) + \frac{1}{(k+b)} \left((1-\psi)R_R + f_R \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right) \left(\psi R_R + f_R \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right) \\ + \frac{1}{2a[1 + (1-\delta)\eta]} \left((1-\psi)R_S + f_S \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right)^2 + (1-\psi)G_{RS} \\ \rho V_R^L = \left(\psi(\omega + \varepsilon) - \theta \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right) Q(t) + \frac{1}{a[1 + (1-\delta)\eta]} \left((1-\psi)R_S + f_S \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right) \left(\psi R_S + f_S \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right) \\ - \frac{\eta\delta}{2a[1 + (1-\delta)\eta]^2} \left((1-\psi)R_S + f_S \frac{\partial V_S}{\partial Q} \right)^2 + \frac{1}{2(k+b)} \left(\psi R_R + f_R \frac{\partial V_R}{\partial Q} \right)^2 + \psi G_{RS}$$

根据商家和网红主播微分方程的阶数特点，假设 V_S^L ， V_R^L 是关于 Q 的线性解

析式，令： $\begin{cases} V_S^L = h_1 Q(t) + h_2 \\ V_R^L = y_1 Q(t) + y_2 \end{cases}$ ，其中 h_1 、 h_2 、 y_1 、 y_2 均为常数，根据待定系数法

$$\begin{aligned}
 \text{得} \quad h_1^{L*} &= \frac{(1-\psi)(\omega+\varepsilon)}{\rho+\theta}, \quad y_1^{L*} = \frac{\psi(\omega+\varepsilon)}{\rho+\theta}, \\
 h_2^{L*} &= \frac{(1-\psi)G_{RS}}{\rho} + \frac{\psi(1-\psi)[(\rho+\theta)R_R + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{\rho(k+b)(\rho+\theta)^2} + \frac{(1-\psi)^2[(\rho+\theta)R_S + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2a\rho[1+(1-\delta)\eta](\rho+\theta)^2}, \\
 y_2^{L*} &= \left(\frac{\psi^2[R_R(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{2\rho(k+b)(\rho+\theta)^2} + \frac{\psi(1-\psi)[R_S(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{a\rho[1+(1-\delta)\eta](\rho+\theta)^2} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\psi G_{RS}}{\rho} - \frac{\eta\delta(1-\psi)^2[R_S(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2a\rho[1+(1-\delta)\eta]^2(\rho+\theta)^2} \right).
 \end{aligned}$$

因此商家和网红主播的最优努力以及退货成本摊配比例分别为：

$$\begin{aligned}
 M_S^{L*}(t) &= \frac{(1-\psi)(\omega+\varepsilon)f_S}{a[1+(1-\delta)\eta](\rho+\theta)} + \frac{(1-\psi)R_S}{a[1+(1-\delta)\eta]}, \quad M_R^{H*}(t) = \frac{\psi(\omega+\varepsilon)f_R}{(k+b)(\rho+\theta)} + \frac{\psi R_R}{(k+b)}, \\
 \delta^* &= \begin{cases} \frac{(3\psi-1)(1+\eta)}{\eta(1+\psi)}, \frac{1}{3} \leq \psi < 1 \\ 0, 0 < \psi < \frac{1}{3} \end{cases}
 \end{aligned}$$

消费者直播购物水平的最优轨迹函数为：

$$Q^{L*}(t) = \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{L*}(t) + f_R M_R^{L*}(t)] + \left(\Delta Q - \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{L*}(t) + f_R M_R^{L*}(t)] \right) e^{-\theta t}$$

商家和网红主播的收益最优值函数分别为：

$$J_S^{L*} = e^{-\rho t} V_S^L = e^{-\rho t} [h_1^{L*} Q(t) + h_2^{L*}], \quad J_R^{L*} = e^{-\rho t} V_R^L = e^{-\rho t} [y_1^{L*} Q(t) + y_2^{L*}]$$

命题 2 刻画了有退货成本摊配的分散式决策情景下商家和网红主播的最优努力水平，消费者直播购物水平的稳态值，以及商家和网红主播的收益最优值函数，通过分析可以发现：

$$(1) \quad \frac{\partial M_S^{L*}(t)}{\partial \psi} < 0, \quad \frac{\partial M_S^{L*}(t)}{\partial R_S} > 0, \quad \frac{\partial M_S^{L*}(t)}{\partial f_S} > 0, \quad \frac{\partial M_S^{L*}(t)}{\partial \eta} < 0, \quad \frac{\partial M_S^{L*}(t)}{\partial \delta} > 0, \quad \text{即}$$

在有退货成本摊配的分散式决策下，商家的生产质量努力水平与收益抽成比例 ψ 、产品退货成本占比系数 η 负相关，与购物水平影响系数 f_S 、收益影响系数

$$R_S、\text{退货成本摊配比例 } \delta \text{ 正相关。} \quad \frac{\partial M_R^{L*}(t)}{\partial \psi} > 0, \quad \frac{\partial M_R^{L*}(t)}{\partial R_R} > 0, \quad \frac{\partial M_R^{L*}(t)}{\partial f_R} > 0,$$

$$\frac{\partial M_R^{L*}(t)}{\partial \eta} = 0, \quad \frac{\partial M_R^{L*}(t)}{\partial \delta} = 0, \quad \text{即网红主播诚信带货努力水平与收益抽成比例 } \psi、$$

购物水平影响系数 f_R 、收益影响系数 R_R 正相关。通过与无退货成本摊配的分散

式决策进行对比分析可知，相关参数对商家和网红主播努力水平的影响与无退货成本摊配分散式决策下的影响相同，但在有退货成本摊配分散式决策下，商家和网红主播的努力水平还受到退货摊配比例的差异化影响。由 $\frac{\partial M_s^{L^*}(t)}{\partial \delta} > 0$ 且 $\frac{\partial M_r^{L^*}(t)}{\partial \delta} = 0$ 可知，产品退货摊配比例机制在提高商家生产质量努力水平的基础上，不会降低网红主播的诚信带货努力水平。具体来说，产品退货成本摊配机制提高了商家直播销售的信心，降低了网红主播采取数据造假等违规手段销售产品的概率，因此商家会提高自身生产质量努力水平来吸引消费者购买产品。同时在产品退货成本摊配机制下，由于商家生产质量努力水平的增加提升了直播电商的整体效益，网红主播的诚信带货效益也相应提升，因此网红主播不会因为分担了退货成本而降低自身的诚信带货努力水平。

$$(2) \quad \frac{\partial V_s^{L^*}}{\partial \eta} < 0, \quad \frac{\partial V_s^{L^*}}{\partial R_r} > 0, \quad \frac{\partial V_s^{L^*}}{\partial R_s} > 0, \quad \frac{\partial V_s^{L^*}}{\partial \delta} > 0, \quad \text{即商家的最优收益与}$$

产品退货成本占比系数 η 负相关，与收益影响系数 R_s 、 R_r 、退货成本摊配比例

$$\delta \text{ 正相关。} \frac{\partial V_r^{L^*}}{\partial \eta} < 0, \quad \frac{\partial V_r^{L^*}}{\partial R_r} > 0, \quad \frac{\partial V_r^{L^*}}{\partial R_s} > 0, \quad \frac{\partial V_r^{L^*}}{\partial \delta} > 0, \quad \text{即网红主播的最优收}$$

益与产品退货成本占比系数 η 负相关，与收益影响系数 R_s 、 R_r 、退货成本摊配

比例 δ 正相关。与无退货成本摊配的分散式决策情景区别在于商家和网红主播

的最优收益均受到产品退货成本摊配比例的影响。具体而言， $\frac{\partial V_r^{L^*}}{\partial \delta} > 0$ 且

$$\frac{\partial V_s^{L^*}}{\partial \delta} > 0, \quad \text{即商家和网红主播的最优收益均与退货成本摊配比例正相关，这表}$$

明产品退货成本摊配机制能够促使直播电商实现帕累托改进，提升直播电商的整体效益，原因在于产品退货成本摊配机制提升了商家的质量努力水平，进一步满足了消费者的质量需求，从而激发消费者购买产品的积极性，提高直播电商的整体效益。

推论 1：当收益抽成比例 $\frac{1}{3} \leq \psi < 1$ 时，产品退货成本摊配比例 $\delta = \frac{(3\psi - 1)(1 + \eta)}{\eta(1 + \psi)}$ ，此时产品退货成本占比系数越小，网红主播愿意承担的退货

成本比例系数越大；当收益抽成比例 $0 < \psi < \frac{1}{3}$ 时，产品退货成本摊配比例

$\delta = 0$ 。

推论 1 表明：当收益抽成比例满足一定条件时，网红主播才会选择承担部分产品退货成本，且承担产品退货成本的意愿受到退货成本占比系数的负向影响。原因在于当网红主播感知到直播带货取得的收益较低时，承担退货成本会进一步加重网红主播的经济负担，因此网红主播更倾向于选择不承担产品退货成本。当网红主播进行直播带货取得的效益高于边界值时（ $\frac{1}{3} \leq \psi < 1$ ），网红主播更有底气承担部分产品退货成本。如图 5-1 所示，当退货成本占比系数降低时，网红主播此时愿意承担的退货比例增加，这也表明网红主播愿意承担的退货成本是有限制的，当产品退货成本较低时，网红主播更愿意与商家协同合作，提高直播电商整体效益；反之，若产品本身价格较高、运输成本较大，消费者退货将给商家和网红主播带来较大的经济损失，此时网红主播愿意分担的退货成本比例随之降低以确保自身效益最大化。因此，直播电商可根据产品属性及退货率情况，借助产品退货成本摊配机制来实现直播电商的帕累托改进。

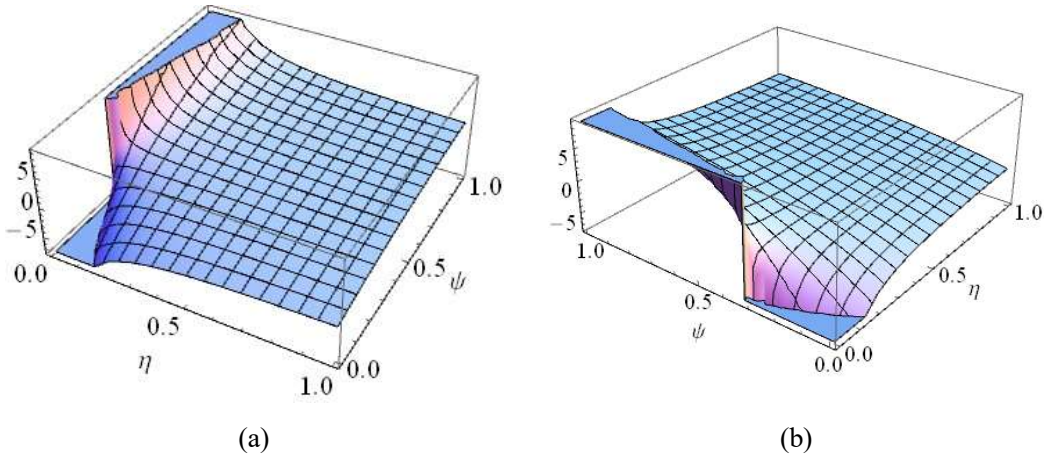


图 5-1 收益抽成比例和退货成本占比系数对退货摊配比例的影响

推论 2：当收益抽成比例 $\frac{1}{3} \leq \psi < 1$ 时， $M_S^{L^*}(t) > M_S^{H^*}(t)$ ， $M_R^{L^*}(t) = M_R^{H^*}(t)$ ，

$$V_S^{L^*} > V_S^{H^*}, V_R^{L^*} > V_R^{H^*}。$$

推论 2 表明：当收益抽成比例满足一定阈值时（ $\frac{1}{3} \leq \psi < 1$ ），商家和网红主播在有退货成本摊配的分散式决策模式下努力水平均不会降低，且最优收益均大于无退货成本摊配的分散式决策情景下的最优收益。具体来说，产品退货成本摊配机制实行的前提条件是满足主播的收益需求，当网红主播的收益分配比

例高于一定阈值时，网红主播才愿意分担部分产品退货成本，此时商家的退货风险损失降低，质量努力水平提高，且网红主播通过刷单、刷流量来提高产品销量的投机行为得以抑制，商家可以从产品的真实销量来进一步调整产品质量努力水平，从而提高直播电商的整体效益，商家和网红主播的最优收益也得以提高。

5.2.3 直播电商集中式决策

为达到直播电商整体利益最大化，商家和网红主播协同合作，共同决策直播销售投入的努力水平，用上标 A 表示集中式决策情景模式。虽然在现实中直播电商利益主体难以达到集中决策管理，但是集中式决策是供应链协调的理论基础，同时也是研究商家和网红主播协同合作情形下策略抉择（努力水平）的重要手段。直播电商的最优控制问题可表示为：

$$J^A = \max_{M_S(t), M_R(t)} \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\begin{aligned} &G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon) Q(t) - \\ &\frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta}{2} M_S^2(t) - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t) \end{aligned} \right] dt \quad (5-13)$$

$$\text{令 } V^A = \max_{M_S(t)} \int_t^\infty e^{-\rho(s-t)} \left[\begin{aligned} &G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon) Q(t) - \\ &\frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta}{2} M_S^2(t) - \frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t) \end{aligned} \right] ds, \text{ 则可得}$$

$J^A = e^{-\rho t} V^A$ 。根据最优控制理论，得到集中式决策下直播电商的 HJB 方程为：

$$\rho V^A = \max_{M_S, M_R} \left(\begin{aligned} &G_{RS} + R_R M_R(t) + R_S M_S(t) + (\omega + \varepsilon) Q(t) - \frac{a}{2} M_S^2(t) - \frac{a\eta}{2} M_S^2(t) \\ &-\frac{b}{2} M_R^2(t) - \frac{k}{2} M_R^2(t) + \frac{\partial V}{\partial Q} [f_S M_S(t) + f_R M_R(t) - \theta Q(t)] \end{aligned} \right) \quad (5-14)$$

通过对直播电商的集中式决策模型进行求解，得到命题 3：

命题 3：在集中式决策的直播电商中，（a）商家和网红主播的最优努力分别为：

$$M_S^A(t) = \frac{(\omega + \varepsilon) f_S}{a(1 + \eta)(\rho + \theta)} + \frac{R_S}{a(1 + \eta)}, M_R^A(t) = \frac{(\omega + \varepsilon) f_R}{(k + b)(\rho + \theta)} + \frac{R_R}{(k + b)}$$

（b）消费者直播购物水平的最优轨迹函数为：

$$Q^{A*}(t) = \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{A*}(t) + f_R M_R^{A*}(t)] + \left(\Delta Q - \frac{1}{\theta} [f_S M_S^{A*}(t) + f_R M_R^{A*}(t)] \right) e^{-\theta t}$$

$Q_{d\infty}^A$ 为 $t \rightarrow \infty$ 时的消费者直播购物水平的稳态值为：

$$Q_{d\infty}^A(t) = \frac{1}{\theta} \left(\frac{(\omega + \varepsilon)f_s^2}{a(1+\eta)(\rho + \theta)} + \frac{f_s R_s}{a(1+\eta)} + \frac{(\omega + \varepsilon)f_R^2}{(k+b)(\rho + \theta)} + \frac{f_R R_R}{(k+b)} \right)$$

(c) 直播电商的收益最优值函数为:

$$J^{A*} = e^{-\rho t} \left[\frac{\omega + \varepsilon}{\rho + \theta} Q(t) + \frac{1}{\rho} \left(G_{RS} + \frac{[R_R(\rho + \theta) + (\omega + \varepsilon)f_R]^2}{2(k+b)(\rho + \theta)^2} + \frac{[R_s(\rho + \theta) + (\omega + \varepsilon)f_s]^2}{2a(1+\eta)(\rho + \theta)^2} \right) \right]$$

证明: 针对集中式决策的直播电商的 HJB 方程, 令 $\frac{\partial \rho V^A}{\partial M_s} = 0$, 可得

$$M_s^A(t) = \frac{R_s + f_s(\partial V / \partial Q)}{a(1+\eta)}; \text{ 同理可得 } M_R^A(t) = \frac{R_R + f_R(\partial V / \partial Q)}{k+b}。 \text{ 将 } M_s^A(t) \text{ 和 } M_R^A(t)$$

带入到商家和网红主播的 HJB 方程中, 整理可得:

$$\rho V^A = \left((\omega + \varepsilon) - \theta \frac{\partial V}{\partial Q} \right) Q(t) + G_{RS} + \frac{1}{2(k+b)} \left(R_R + f_R \frac{\partial V}{\partial Q} \right)^2 + \frac{1}{2a(1+\eta)} \left(R_s + f_s \frac{\partial V}{\partial Q} \right)^2$$

根据上述微分方程的阶数特点, 假设直播电商最优价值函数 V^A 是关于 Q 的线性解析式, 令 $V^A = x_1 Q(t) + x_2$, 其中, x_1, x_2 均为常数, 根据待定系数法可得:

$$x_1^{A*} = \frac{\omega + \varepsilon}{\rho + \theta}, \quad x_2^{A*} = \frac{1}{\rho} \left[G_{RS} + \frac{[R_R(\rho + \theta) + (\omega + \varepsilon)f_R]^2}{2(k+b)(\rho + \theta)^2} + \frac{[R_s(\rho + \theta) + (\omega + \varepsilon)f_s]^2}{2a(1+\eta)(\rho + \theta)^2} \right]。$$

因此商家和主播的最优努力分别为:

$$M_s^A(t) = \frac{(\omega + \varepsilon)f_s}{a(1+\eta)(\rho + \theta)} + \frac{R_s}{a(1+\eta)}, \quad M_R^A(t) = \frac{(\omega + \varepsilon)f_R}{(k+b)(\rho + \theta)} + \frac{R_R}{(k+b)}$$

消费者直播购物水平的最优轨迹函数为:

$$Q^{A*}(t) = \frac{1}{\theta} [f_s M_s^{A*}(t) + f_R M_R^{A*}(t)] + \left(\Delta Q - \frac{1}{\theta} [f_s M_s^{A*}(t) + f_R M_R^{A*}(t)] \right) e^{-\theta t}$$

直播电商的收益最优值函数为:

$$J^{A*} = e^{-\rho t} V^A = e^{-\rho t} [x_1^{A*} Q(t) + x_2^{A*}]$$

命题 3 展示了直播电商集中式决策情景下商家和网红主播的最优努力水平, 消费者直播购物水平的稳态值, 直播电商的收益最优值函数, 通过分析发现:

$$(1) \quad \frac{\partial M_s^{A*}(t)}{\partial R_s} > 0, \quad \frac{\partial M_s^{A*}(t)}{\partial f_s} > 0, \quad \frac{\partial M_s^{A*}(t)}{\partial \eta} < 0, \quad \text{即商家的生产质量努力}$$

水平与产品退货成本占比系数 η 负相关, 与购物水平影响系数 f_s 、收益影响系

数 R_S 正相关。 $\frac{\partial M_R^{A*}(t)}{\partial R_R} > 0$, $\frac{\partial M_R^{A*}(t)}{\partial f_R} > 0$, $\frac{\partial M_R^{A*}(t)}{\partial \eta} = 0$, 即网红主播带货努力

水平与购物水平影响系数 f_R 、收益影响系数 R_R 正相关。通过与无退货成本摊配
的分散式决策相比, 相同的是商家和网红主播的努力水平随着购物水平影响系
数、收益影响系数的增加而提升, 商家质量努力水平受到退货成本占比系数的
负向影响, 不同的是集中式决策下商家和网红主播的努力水平不再受到收益抽
成比例的影响。原因在于, 在集中式决策情景下, 商家和网红主播是以直播电
商总体效益最大化为目标, 不再受制于自身收益的束缚, 因此收益抽成比例不
再是影响双方投入努力程度的关键因素。 $\frac{\partial V^{A*}}{\partial \eta} < 0$, $\frac{\partial V^{A*}}{\partial R_R} > 0$, $\frac{\partial V^{A*}}{\partial R_S} > 0$, 即

直播电商的最优收益与产品退货成本占比系数 η 负相关, 与收益影响系数 R_S 、
 R_R 正相关。通过与无退货成本摊配的分散式决策情景进行比较可以发现, 关键
参数对最优收益的影响相同, 此处不再赘述。

推论 3: 当收益抽成比例 $\frac{1}{3} \leq \psi < 1$ 时, $M_S^{A*}(t) > M_S^{L*}(t) > M_S^{H*}(t)$,
 $M_R^{A*}(t) > M_R^{L*}(t) = M_R^{H*}(t)$ 。

推论 3 表明: 当收益抽成比例满足一定阈值条件时 ($\frac{1}{3} \leq \psi < 1$), 商家和网
红主播在集中式决策情景下的努力水平均大于在分散式决策情景下的努力水平。
对于商家和网红主播而言, 双方协同合作产生的效益远大于投入的努力成本,
从而使集中式决策情景下的努力水平均大于分散式决策情景下的努力水平。但
集中式决策情景是相对理想化的状态, 从动态的视角分析, 商家和网红主播在
决策过程中会由于不确定因素, 比如和产品相关的网络舆情、网红主播个人带
货能力等增加了集中式下的决策难度, 商家和网红主播需要绝对的信任和支持
才能够实现直播电商的最优控制。现实中分散式决策更为普遍, 商家和网红主
播均以自身收益最大化进行决策, 结合推论 2 可知, 分散式决策情景下采取有
退货成本摊配机制会提高直播电商整体效益, 是一种帕累托改进。

推论 4: 在直播电商集中式决策情景下, 当 $p > 1$ 时, 商家和网红主播的行为
决策达到协调状态需要收益抽成比例满足条件 $\frac{p}{p+2} < \psi < \frac{1+p}{2+p}$; 当 $p < 1$ 时, 商

家和网红主播的行为决策达到协调状态需要收益抽成比例满足条件

$$\frac{1}{3} \leq \psi < \frac{1+p}{2+p}, \text{ 其中 } p = \frac{a(1+\eta)(M_S^{A*})^2}{2(k+b)(M_R^{A*})^2}。$$

证明：为确保商家和网红主播选择最高的博弈模式，需要满足条件：

$$V_S^{A*} > V_S^{H*}, \quad V_R^{A*} > V_R^{H*}, \quad V_S^{A*} > V_S^{L*}, \quad V_R^{A*} > V_R^{L*}, \text{ 也即是:}$$

$$V_S^{A*} - V_S^{H*} = (1-\psi) \left[\frac{[R_R(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{\rho(k+b)(\rho+\theta)^2} \left(\frac{1}{2} - \psi \right) + \frac{\psi[R_S(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2\rho a(1+\eta)(\rho+\theta)^2} \right] > 0$$

$$V_R^{A*} - V_R^{H*} = \left[\frac{\psi(1-\psi)[(\rho+\theta)R_R + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{2\rho(k+b)(\rho+\theta)^2} + \frac{\psi[(\rho+\theta)R_S + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{a\rho(1+\eta)(\rho+\theta)^2} \left(\psi - \frac{1}{2} \right) \right] > 0$$

$$V_S^{A*} - V_S^{L*} = \frac{1}{\rho} \left[\frac{(1-\psi)[R_R(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{(k+b)(\rho+\theta)^2} \left(\frac{1}{2} - \psi \right) + \frac{(1-\psi)[R_S(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2a(1+\eta)(\rho+\theta)^2} - \frac{(1-\psi)^2[(\rho+\theta)R_S + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2a[1+(1-\delta)\eta](\rho+\theta)^2} \right] > 0$$

$$V_R^{A*} - V_R^{L*} = \frac{1}{\rho} \left[\frac{\psi(1-\psi)[R_R(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_R]^2}{2(k+b)(\rho+\theta)^2} + \frac{\psi[R_S(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2a(1+\eta)(\rho+\theta)^2} - \frac{\psi(1-\psi)[R_S(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{a[1+(1-\delta)\eta](\rho+\theta)^2} + \frac{\eta\delta(1-\psi)^2[R_S(\rho+\theta) + (\omega+\varepsilon)f_S]^2}{2a[1+(1-\delta)\eta]^2(\rho+\theta)^2} \right] > 0$$

$$\text{由上述四式可解得: } \psi < \frac{1}{2(1-p)}, \quad \psi > \frac{2p-1}{4p-1}, \quad \psi < \frac{1+p}{2+p}, \quad \frac{p}{p+2} < \psi < 1,$$

而 $\frac{1}{3} \leq \psi < 1$ ，因此同时满足上述四式需要满足以下条件：（1）当 $p > 1$ 时，收益抽成比例的区间为 $\frac{p}{p+2} < \psi < \frac{1+p}{2+p}$ ；（2）当 $p < 1$ 时，收益抽成比例的区间为

$$\frac{1}{3} \leq \psi < \frac{1+p}{2+p}。$$

推论 4 表明：商家和网红主播进行协同合作需要确保各自的收益区间在可接受的范围内，若收益抽成比例分配不合理则会造成双方合作破裂或者不合作行为的产生，因此直播电商要想实现从 Nash 非合作博弈到 Stackelberg 博弈，再到协同合作博弈以实现直播电商的帕累托改进，需要设定合理的收益抽成比例

阈值。具体而言，当 $p < 1$ 时， $\frac{1}{2} \left(\frac{a(1+\eta)(M_S^{A*})^2}{2} \right) < \frac{(k+b)}{2} (M_R^{A*})^2$ ，也即是网红主播的带

货成本大于商家成本的一半，此时产品收益抽成比例满足 $\frac{1}{3} \leq \psi < \frac{1+p}{2+p}$ 时，才

能促使直播电商达到协调状态；当 $p > 1$ 时， $\frac{1}{2} \left(\frac{a(1+\eta)(M_S^{A*})^2}{2} \right) > \frac{(k+b)}{2} (M_R^{A*})^2$,

也即是商家直播销售产品付出的成本大于网红主播带货付出成本的两倍，此时要想达到直播电商的协调状态，收益抽成比例需要满足 $\frac{p}{p+2} < \psi < \frac{1+p}{2+p}$ ，因此直播电商的协调稳定不仅受到收益抽成比例的影响，还与商家和网红主播付出的成本息息相关。

5.3 数值仿真分析

为更直观地描述收益抽成比例、收益变化、消费者直播购物水平变化、退货成本摊配比例对商家和主播的影响，结合相关文献^[65-67]进行参数设置，并运用 MATLAB 对商家和网红主播的决策行为进行仿真调控分析。仿真分析的参数赋值如下： $b=2$ ， $k=2$ ， $a=3$ ， $f_R=3$ ， $f_S=2$ ， $R_R=10$ ， $R_S=8$ ， $\rho=0.08$ ， $\varepsilon=0.4$ ， $\omega=0.4$ ， $\theta=0.2$ ， $\psi=0.4$ ， $\eta=0.4$ ， $G_{RS}=0.1$ 。

图 5-1 展示了不同决策情景下的消费者直播购物水平随时间变化的情形。从图 1 中可以看出，消费者在有退货成本摊配的分散式决策下购物水平最高。根据前文分析，在有退货成本摊配的分散式决策情景下，商家和网红主播均不会降低自身努力水平，且商家会提升自身努力水平以提高综合收益，而消费者的直播购物水平受到商家和主播努力程度的影响，因此在有退货成本摊配的分散式决策情景下消费者的购物水平相应较高，这也表明，商家和网红主播在有退货成本摊配的分散式决策情景下投入的努力程度发挥的共同作用最高，这与推论 2 的分析相符合。在集中式决策情景下，消费者的直播购物水平略低于有退货成本摊配的分散式决策情景下的直播购物水平，无退货成本摊配的分散式决策情景下的消费者购物水平最低，这表明直播电商在关注消费者购物水平变化的基础上，还应考虑不同情景下商家和主播投入努力的共同作用效果。

图 5-2 展示了不同决策情景下商家的最优努力水平随退货成本摊配比例的变化情形。从图 5-2 中可以看出，商家在集中式决策下的最优努力水平最高，当退货摊配比例为 0 时，两种分散式决策情景下的最优努力水平相同，但在有退货成本摊配的分散式决策情景下，商家的最优努力水平随着退货摊配比例的增加而升高，这与命题 2 的分析相符合。

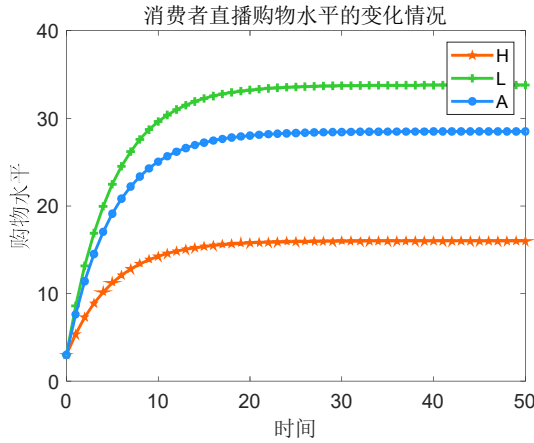


图 5-1 消费者直播购物水平的变化

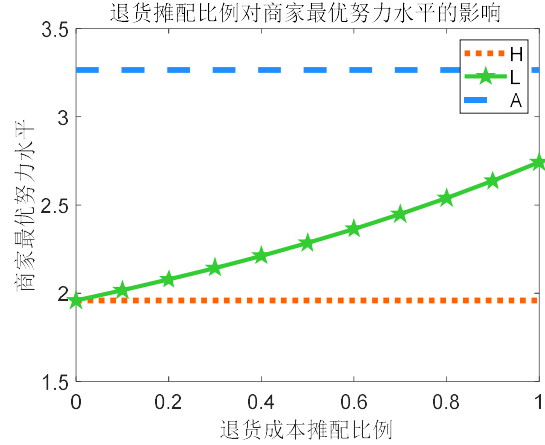


图 5-2 退货摊配比例对商家最优努力的影响

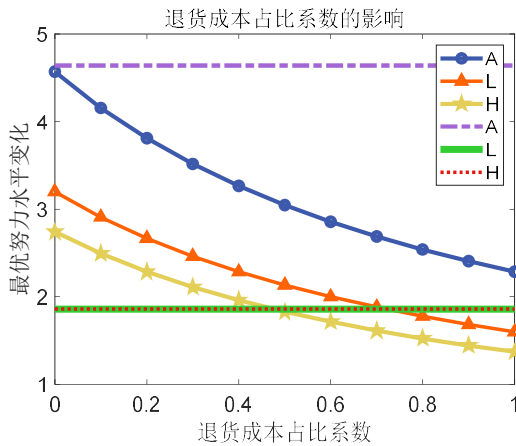


图 5-3 退货成本占比系数的影响

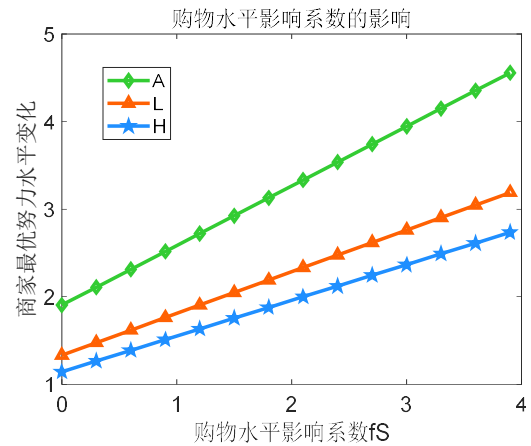


图 5-4 商家最优努力随 f_s 的变化

图 5-3 展示了退货成本占比系数对不同情景下商家和网红主播最优努力的影响。由图 5-3 可知，三种决策情景下，商家的最优努力均与产品退货成本占比系数负相关，而网红主播诚信带货的最优努力并不受产品退货成本占比系数的影响，这也进一步印证了命题 1、命题 2 以及命题 3 中的分析内容。从图 5-3 中可以看出，商家在集中式决策情景下产品质量努力水平受产品退货成本占比系数影响的敏感性较强，说明集中式决策情景下商家更注重产品退货率的变化。

图 5-4~图 5-5 展示了不同参数变化对商家和网红主播诚信带货最优努力的影响。从图 5-4 可以看出，不同决策情景下商家的最优努力均与消费者直播购物影响系数 f_s 正相关，且不同决策情景下的最优努力受 f_s 影响的敏感性不同。商家在集中式决策情景下的最优努力水平受购物水平影响系数 f_s 的作用敏感性较强，即随着购物水平 f_s 的增加，商家在集中式决策下的最优努力水平增长速度比在其他两种决策情景下的增长速度要快。从图 5-5 可以看出，不同决策情景下网红主播的最优努力均与消费者直播购物影响系数 f_R 正相关，并且随着购物水

平影响系数 f_R 的增加，网红主播在集中式决策情景下的最优努力水平增长速度比分散式决策情景下的增长速度要快。在集中式决策情景下，商家和网红主播更关注直播电商的整体收益，当商家和网红主播投入的努力对直播电商整体收益产生的作用较大时，商家和网红主播更愿意提升自身努力水平。

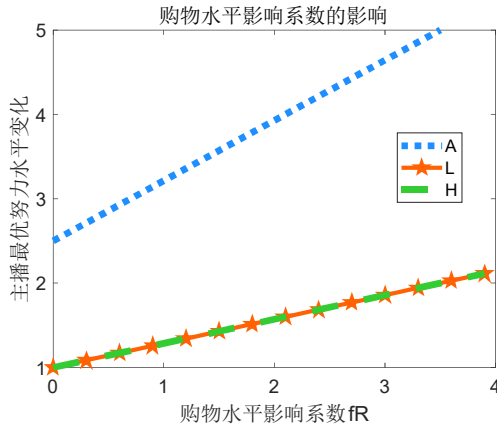


图 5-5 网红主播最优努力随 f_R 的变化

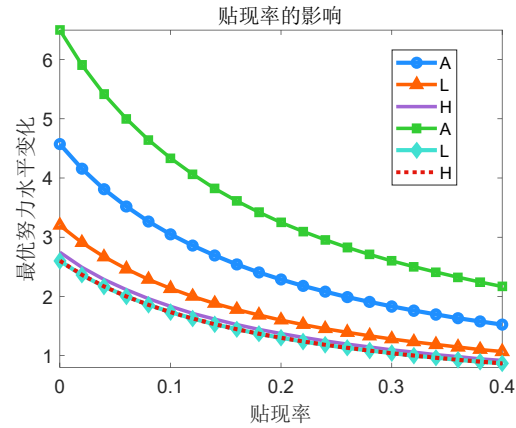


图 5-6 贴现率对最优努力的影响

图 5-6 考虑了贴现率对商家和网红主播最优努力产生的影响，三种决策情景下商家和网红主播的最优努力均与贴现率负相关，并且在集中式决策情景下网红主播需要付出更多的诚信带货努力，而在分散式决策情景下网红主播付出的带货努力较小。

图 5-7~图 5-9 展示了不同决策情景下的商家利润、网红主播利润以及总利润随时间的变化情况。由图 5-7 可知，商家在集中式决策情景下获得的利润最高，而无退货成本摊配分散式决策下的利润却小于有退货成本摊配分散式决策下的利润。

由图 5-8 可知，网红主播在有退货成本摊配分散式决策下的利润最高，且从无退货成本摊配分散式决策到有退货成本摊配分散式决策将是一种帕累托改进。如图 5-9 所示，从总利润的角度分析，在集中式决策下直播电商的总利润最高，显然从无退货成本摊配分散式决策到有退货成本摊配分散式决策，再到集中式决策，直播电商呈现一种帕累托改进。结合图 5-10~图 5-12 的商家收益、网红主播收益以及直播电商总收益随收益抽成比例的变化情况可以发现，商家和网红主播在不同决策情景下的帕累托改进需要收益抽成比例满足不同的区间限制，具体见图 5-10~图 5-12 对收益抽成比例的详细分析。

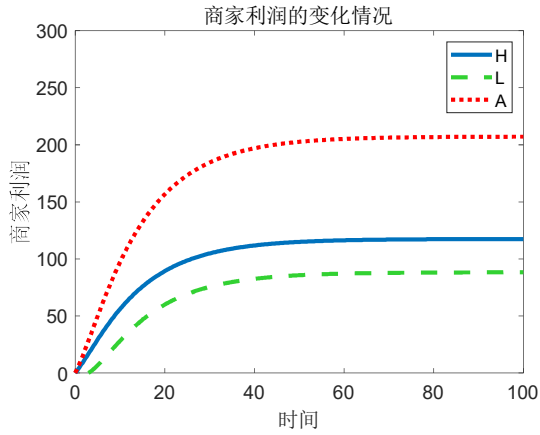


图 5-7 商家利润的变化

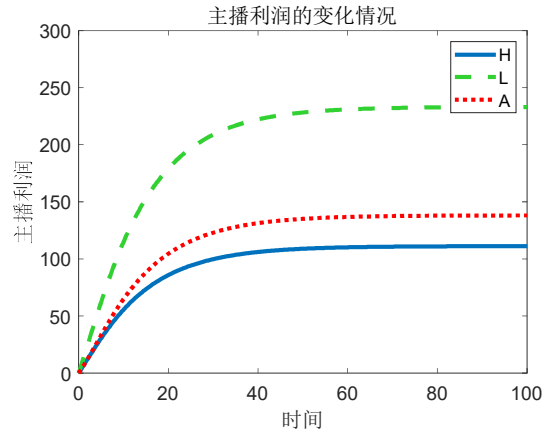


图 5-8 主播利润的变化

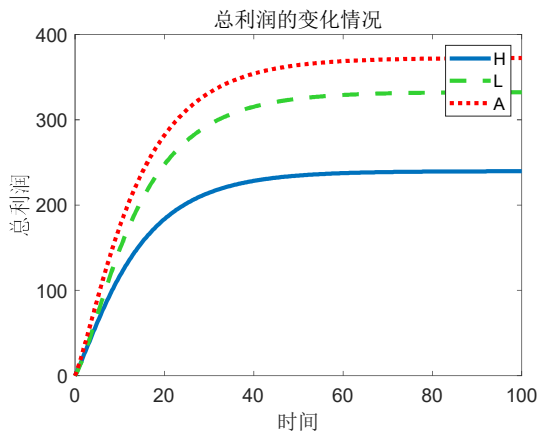


图 5-9 总利润的变化

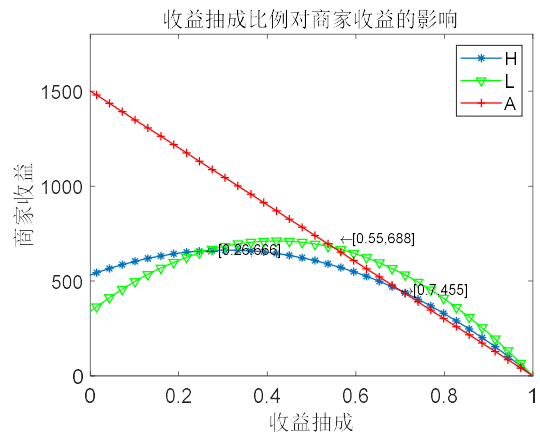


图 5-10 收益抽成比例对商家收益的影响

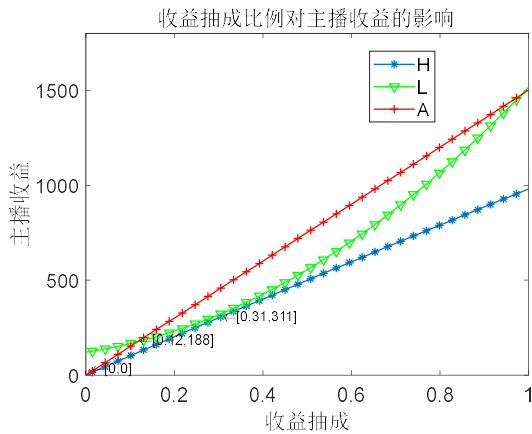


图 5-11 收益抽成比例对主播收益的影响

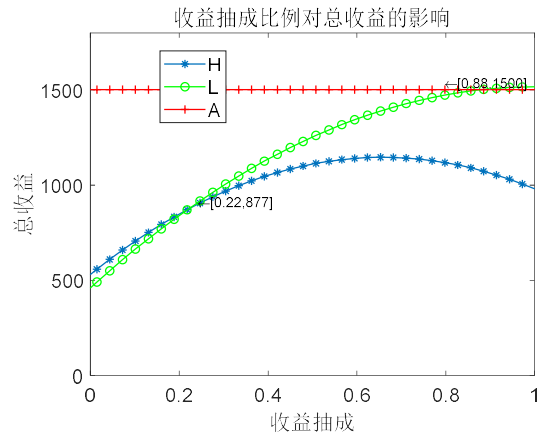


图 5-12 收益抽成比例对总收益的影响

图 5-10~图 5-12 展示了不同决策情景下的收益抽成比例对商家、网红主播以及总收益函数的影响。从图 5-10 中可以看出当收益抽成比例在区间 $[0.26, 0.55]$

中时， $V_s^{A*}(t) > V_s^{L*}(t) > V_s^{H*}(t)$ ，且满足当 $\psi \in \left(\frac{1}{3}, 0.55\right)$ 时，

$V_s^{A*}(t) > V_s^{L*}(t) > V_s^{H*}(t)$ ，这与推论 2 和推论 4 的分析一致，从无退货成本摊配的

分散式决策的 Nash 非合作博弈，到有退货成本摊配的主从博弈，再到协同合作博弈，商家的最优收益呈现出帕累托改进趋势。当收益抽成比例大于 0.55 时，对于商家来说有退货成本摊配的分散式决策情景下的收益最优，原因在于收益抽成比例的增加降低了商家的综合收益，此时网红主播分担部分产品退货成本能够降低商家的损失，从而达到最优收益。由图 5-11 可知，当收益抽成比例大于 0.12 时，商家在集中式决策下的最优收益大于在分散式决策下的最优收益，当收益抽成比例在区间 $[0.12, 0.9]$ 中时， $V_R^{A*}(t) > V_R^{L*}(t) > V_R^{H*}(t)$ ，且满足当收益抽成比例在区间 $\left(\frac{1}{3}, 0.55\right)$ 里时， $V_R^{A*}(t) > V_R^{L*}(t)$ ， $V_R^{A*}(t) > V_R^{H*}(t)$ ，这也印证了推论 4。对于网红主播来说，当收益抽成比例大于 0.12 时，分担产品部分退货成本获得的收益将大于无退货成本摊配下的分散式决策带来的收益，原因在于当收益抽成比例提高时，商家分得的收益相对减少，此时网红主播分担部分产品退货成本能够缓解商家的经济损失压力，而且能够促使商家提升产品质量投入努力程度，从而提升直播电商整体收益，反之商家获得的收益难以抵消承担的退货经济损失，最终将停止直播销售产品的行为。从图 5-12 中可以看出，当 $\psi \in [0.22, 0.88]$ 时， $V^{A*}(t) > V^{L*}(t) > V^{H*}(t)$ ，且满足当 $\psi \in \left(\frac{1}{3}, 0.55\right)$ 时，集中式决策情景下的总收益最优。

综合商家最优收益、网红主播最优收益以及总收益随收益抽成比例的变化情况可知，当 $\psi \in (1/3, 0.55)$ 时， $V_S^{A*}(t) > V_S^{L*}(t)$ ， $V_S^{A*}(t) > V_S^{H*}(t)$ ， $V_R^{A*}(t) > V_R^{L*}(t)$ ， $V_R^{A*}(t) > V_R^{H*}(t)$ ，将参数数值带入 p 中可得： $p=0.26 < 1$ ，因此 $\psi \in (1/3, 0.55)$ ，进一步验证了推论 4 的正确性。深入分析可知，当 $\psi \in [0.33, 0.55]$ 时， $V_S^{A*}(t) > V_S^{L*}(t) > V_S^{H*}(t)$ ， $V_R^{A*}(t) > V_R^{L*}(t) > V_R^{H*}(t)$ ， $V^{A*}(t) > V^{L*}(t) > V^{H*}(t)$ ，此时从无退货成本摊配的分散式决策到有退货成本摊配的分散式决策，到集中式决策将是一种帕累托改进。由此说明，退货成本摊配机制并不是适用于所有的直播电商，商家和网红主播需要根据双方的合作方式以及收益分配来决定是否选择分担产品退货成本以实现直播电商的最优控制。

5.4 本章小结

数字经济时代下，直播电商的实时互动性、粉丝经济性促使直播间消费者冲动消费，而多重交互导致的信息严重不对称也纵容了企业隐瞒产品的真实质量和销量，这些问题最终致使直播电商的退货率居高不下。因此直播电商各利益主体如何协调自身决策以优化逆向物流，达到抑制数据造假和产品质量问题的目的受到学术界和管理实践的重点关注。本章针对直播电商高退货率情形下如何制定最优协调策略的问题，考虑退货成本摊配机制，通过微分博弈理论建立分散式和集中式决策模型，探究不同决策模式情景下相关参数对商家和网红主播努力水平的影响。研究发现：

(1) 有退货成本摊配的分散式决策不仅能够提升消费者的直播购物水平，而且促使商家增加产品生产质量水平的投入。在三种决策情景下，商家的最优努力均与产品退货成本占比系数负相关，网红主播诚信带货的最优努力并不受产品退货成本占比系数的影响。随着购物水平影响系数的增加，网红主播在集中式决策下的最优努力水平增长速度比分散式决策情景下的增长速度要快。当商家和网红主播投入的努力对直播电商整体收益产生的作用较大时，商家和网红主播更愿意提升自身努力水平。

(2) 商家在集中式决策情景下获得的利润最高，而无退货成本摊配的分散式决策下的利润小于有退货成本摊配的分散式决策下的利润。网红主播在有退货成本摊配的分散式决策下的利润最高，且从无退货成本摊配的分散式决策到有退货成本摊配的分散式决策将是一种帕累托改进。从总利润的角度分析，在集中式决策下直播电商的总利润最高，显然从无退货成本摊配的分散式决策到有退货成本摊配的分散式决策，再到集中式决策，直播电商呈现一种帕累托改进。

(3) 当收益抽成比例满足一定阈值（ $\psi \in [0.33, 0.55]$ ）时，商家和网红主播在集中式决策情景下的收益最高，在无退货成本摊配的分散式决策情景下的收益最低，此时从无退货成本摊配的分散式决策到有退货成本摊配的分散式决策，最后到集中式决策将是一种帕累托改进。由此也说明，退货成本摊配机制并不是适用于所有的直播电商，商家和网红主播需要根据双方的合作方式以及收益分配来决定是否选择分担产品退货成本以实现直播电商的最优控制。

第 6 章 结论与展望

6.1 结论与建议

6.1.1 研究结论

本文采用演化博弈理论，并结合系统动力学理论首先构建以网红主播、直播平台、政府监管部门和消费者为多元主体的系统动力学演化博弈模型，分别对博弈主体策略稳定性与系统组合策略稳定性进行分析，探究直播电商数据造假的内在机理和演化机制，并提出相应的监管对策以抑制直播电商参与主体数据造假的违规行为，促使参与主体更多的关注产品质量。随后，在第三章研究的基础上，进一步探索如何提高直播电商的选品质量问题，并基于前景理论、随机扰动等构建随机演化博弈模型，考虑利益主体非理性心理因素和外部随机扰动因素对直播电商选品质量博弈系统的影响，将损益变量拓展为价值函数和决策权重函数共同决定的表现形式，从风险和价值感知的视角构建演化博弈模型，并通过仿真调控分析责任共担比例、损益感知价值、风险偏好和随机扰动对选品质量控制的影响。最后，以网红主播和商家为主体探索直播电商的最优控制，以更有效地解决直播电商数据造假和产品质量问题，得出的主要结论如下：

（1）头部主播及其他网红主播对虚假数据导致的流量损失、经济损失、惩罚损失敏感程度不同，数据造假给头部主播带来的效益增值低于违规操作的经济损失时，头部主播使用虚假数据的概率降低。当使用虚假数据违规成本增加时，网红主播影响力的差异性决定了其对不同违规成本的敏感程度，随着使用虚假数据产生的损失不断升高，头部主播和其他网红主播的行为策略选择波动频率显著降低，违规成本越大，网红主播达到诚信带货演化稳定的时间越短，越容易选择诚信带货。

（2）政府监管成本与网红主播诚信带货概率呈负相关关系，策略选择随时间呈现出周期波动。政府监管成本较高时，监管力度和深度受到监管成本的制约，网红主播倾向于失信带货。监管强度过大不利于直播带货行业的持续发展，中强度的监管不仅能够显著抑制网红主播的投机行为，而且能够降低监管

成本，网络打假组织作为辅助监管群体对网红直播带货虚假数据进行监督、曝光时，网红主播数据造假获得的效益增值难以抵消承受的声誉、经济、惩罚等损失，诚信带货的意愿提高。

(3) 网红主播和直播平台的初始决策影响着主体之间利益协调的稳定性，降低直播平台严格监管成本与宽松监管成本之间的差值有利于调动直播平台积极监管的主动性。商家和主播共担责任能够降低主体因侥幸心理而产生的违规行为，降低劣质产品流入市场的概率。网红主播共担责任能够保持直播电商发展活力的同时提高严格选品的主动性，增加商家的责任共担比例能够显著抑制其提供低质量产品的行为，是从源头上消解直播电商选品质量问题的关键所在。

(4) 收益感知激发消费者购买产品的积极性，损失感知对网红主播和直播平台的违规行为具有显著抑制作用。当消费者购买产品的收益感知价值较高时，购买产品的意愿增强，但其购买策略受产品质量、安全舆情等随机扰动因素的影响。提高网红主播和直播平台对违规风险的认知，能够促进网红主播稳定于严格选品，直播平台稳定于严格监管。当网红主播感知损失大于严格选品与宽松选品之间的成本差值时，网红主播行为策略的稳定性受到市场竞争等随机扰动强度的影响变小。

(5) 有退货成本摊配的分散式决策不仅能够提升消费者的直播购物水平，而且促使商家增加产品生产质量水平的投入。在三种决策情景下，商家的最优努力均与产品退货成本占比系数负相关，网红主播诚信带货的最优努力并不受产品退货成本占比系数的影响。随着购物水平影响系数的增加，网红主播在集中式决策下的最优努力水平增长速度比分散式决策情景下的增长速度要快。当商家和网红主播投入的努力对直播电商整体收益产生的作用较大时，商家和网红主播更愿意提升自身努力水平。

(6) 商家在集中式决策情景下获得的利润最高，在无退货成本摊配的分散式决策下的利润小于有退货成本摊配的分散式决策下的利润。网红主播在有退货成本摊配的分散式决策下的利润最高，从无退货成本摊配的分散式决策到有退货成本摊配的分散式决策将是一种帕累托改进。当收益抽成比例满足一定阈值时，商家和网红主播在集中式决策情景下的收益最高，由此也说明，退货成

本摊配机制并不是适用于所有的直播电商，商家和网红主播需要根据双方的合作方式以及收益分配来决定是否分担产品退货成本以实现直播电商的最优控制。

6.1.2 对策建议

基于本文研究结论，结合国内直播电商发展现状，本文提出以下建议：

（1）完善网红直播带货数据监管机制，通过引入不同直播平台网红带货的实时数据，同时采取人机结合的监管方式，进一步拓宽监管覆盖面，深化直播带货监管内容，节约政府和平台的监管成本；建立网红主播诚信带货评价机制，直播平台通过引入诚信带货等级信息查询系统，帮助消费者快速了解网红主播的信誉评价，从而降低消费者的分辨成本。

（2）根据网红主播的影响力及带货信誉值设定梯度奖惩措施，对影响力大而信誉值低的网红主播增大监管处罚力度，且带货信誉值越低处罚越重，直至永久封号处理；对影响力小而信誉值高的网红主播采取流量推荐措施，增大诚信带货网红主播的曝光度，激励网红主播诚信带货。通过小程序和网络平台的方式完善政府、平台、网络打假组织与消费者的联动监管机制，形成多元主体协同共治系统。

（3）建立直播电商选品质量多维评价体系，降低主播严格选品与宽松选品的成本差值。通过建立基于法律约束、市场自律和消费者协会监督的选品质量评价体系，减轻主播团队选品质量控制的难度，保障消费者权益。监管部门可以通过明确参与主体的责任边界，同时将责任共担系数阈值与主播影响力、信用记录、产品质量等方面结合，通过积极的前瞻式规制，促进直播电商重视选品质量问题。

（4）加强产品质量安全风险信息的通报和联防联控，建立直播电商风险防控的高效协同和一体化管理体系。直播电商通过云计算、大数据等技术手段实现一体化风险防控机制建设，以加强产品质量安全风险信息的通报。通过多主体协同追溯监管，进一步增强直播电商产品质量问题引发的网络舆情风险管控能力和打击违规行为的效能。

（5）优化直播电商内容，降低直播购物衰减率。三种决策情景下，商家和网红主播的努力程度均受到消费者直播购物水平影响系数的正向作用，因此通

过创新电商直播模式，避免内容同质化来提高商家和网红主播对消费者的影响，进一步降低消费者购物水平的衰减率，此时消费者购物水平迅速提高。设计产品退货成本摊配机制，协调和优化直播电商的多主体行为决策。

（6）商家和网红主播根据双方合作的收益抽成比例设定合理的退货成本摊配比例，以实现直播电商的帕累托改进。商家和网红主播的决策行为受到收益抽成比例的显著影响，当商家和网红主播选择采取集中式合作模式时，收益抽成比例对商家和网红主播的努力水平影响较弱，此时直播平台可通过流量激励等政策提升直播电商的整体效益；当商家和网红主播采取分散式决策模式时，此时应当调整合适的收益抽成比例以促使网红主播承担部分产品退货成本，从而实现直播电商的帕累托改进。

6.2 研究展望

本文研究具有一定的现实价值与意义，但也存在一定的局限，未来工作需要进一步完善：

（1）在研究直播电商数据监管和选品质量控制时，仅依靠建模仿真进行理论分析，在未来的工作中将更加贴合直播电商市场现状，收集相关企业的数据对模型进行验证和分析，为直播电商的发展和相关部门的监管提供强有力的支撑。

（2）在直播电商数据与选品质量最优控制的研究过程中，仅考虑了主播和商家退货成本共担的情形，平台作为直播电商中至关重要的一环，对直播电商的协调优化具有重要意义，未来工作将引入平台来进一步研究直播电商的多主体决策协调优化问题。

参考文献

- [1] 郭延禄, 罗公利, 侯贵生, 等. “种草”与“翻车”: 网红直播带货的产品质量问题与治理研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(10): 162-174.
- [2] 刘建刚, 吴倩, 张美娟. 直播带货平台生态体系价值共毁的演化博弈[J]. 中国管理科学, 2023, 31(03): 143-154.
- [3] 肖勇波, 王旭红, 喻静, 等. 直播电商: 管理挑战与潜在研究方向[J/OL]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x>, 2024-03-07.
- [4] Tversky A, Kahneman D. Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty[J]. Journal of Risk and Uncertainty, 1992, 5(4): 297-323.
- [5] Hsu C-C, Zhang Y, Ch P, et al. A Step Towards Sustainable Environment in China: The Role of Eco-Innovation Renewable Energy and Environmental Taxes [J]. Journal of Environmental Management, 2021, 299: 113609.
- [6] 贺一堂, 谢富纪. 产-学研协同创新的随机演化博弈分析[J]. 管理评论, 2020, 32(06): 150-162.
- [7] 何洪阳, 张彬, 田苏俊. 平台经济政企协同治理的演化博弈分析——考虑随机扰动与连续策略的影响[J/OL]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x>.2022.1862, 2024-03-07.
- [8] 贾芳菊, 周坤, 李廉水. 突发公共卫生事件协同防控策略的随机演化决策分析[J/OL]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x>.2020.2078, 2024-03-07.
- [9] 王先甲, 顾翠伶, 赵金华, 等. 选择差异下 moran 过程的随机博弈模型及其应用[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(05): 1193-1209.
- [10] 周驰, 李赫, 于静. 委托代理关系下品牌商网络直播营销激励机制设计[J/OL]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x>.2022.0732, 2024-03-07.
- [11] 孙凯, 刘承林, 刘鲁川. 多重沟通情境下电商直播消费者弹幕使用意愿的形成机理[J]. 管理学报, 2023, 20(05): 676-683.
- [12] 韩雨彤, 周季蕾, 任菲. 动态视角下实时评论内容对直播电商商品销量的影响[J]. 管理科学, 2022, 35(01): 17-28.
- [13] 胡丽霞, 闵庆飞, 李梦一. 电商直播技术社会示能性对消费者平台使用意向的影响[J]. 管理科学, 2023, 36(01): 1-15.
- [14] 于天阳, 关志民, 董经洋, 等. 不同权力结构下考虑网红营销努力的直播电商供应链决策研究[J]. 管理学报, 2022, 19(05): 714-722+748.
- [15] 张艳芬, 徐琪, 孙中苗. 考虑主播带货努力与影响力的直播电商供应链激励契约研究[J]. 管理学报, 2023, 20(02): 278-286.
- [16] 龚潇潇, 叶作亮, 吴玉萍, 等. 直播场景氛围线索对消费者冲动消费意愿的影响机制研究[J]. 管理学报, 2019, 16(06): 875-882.
- [17] Dong X, Wang T. Social Tie Formation in Chinese Online Social Commerce: The Role of It Affordances[J]. International journal of information management, 2018, 42: 49-64.
- [18] 李琪, 高夏媛, 徐晓瑜, 等. 电商直播观众的信息处理及购买意愿研究[J]. 管理学报, 2021, 18(06): 895-903.
- [19] Hou F, Guan Z, Li B, et al. Factors Influencing People's Continuous Watching Intention and

- Consumption Intention in Live Streaming: Evidence from China[J]. Internet Research, 2020, 30(1): 141-163.
- [20] 彭宇泓, 韩欢, 郝辽钢, 等. 直播营销中关系纽带、顾客承诺对消费者在线购买意愿的影响研究[J]. 管理学报, 2021, 18(11): 1686-1694.
- [21] 陈迎欣, 郇旭彤, 文艳艳. 网络直播购物模式中的买卖双方互信研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(02): 228-236.
- [22] 李源, 李静. 营销模式升级下电商直播带货发展动因、问题及对策[J]. 商业经济研究, 2021, (21): 74-76.
- [23] 彭正银, 王永青, 韩敬稳. B2C 网络平台嵌入风险控制的三方演化博弈分析 [J]. 管理评论, 2021, 33(04): 147-159.
- [24] Wang Z, Li H, Ye Q, et al. Saliency Effects of Online Reviews Embedded in the Description on Sales: Moderating Role of Reputation[J]. Decision Support Systems, 2016, 87: 50-58.
- [25] 张文, 王强, 步超骐, 等. 基于 Co-Training 协同训练的在线虚假评论识别研究[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(10): 2669-2683.
- [26] 徐兵, 张阳. 基于好评返现和差评偏好的体验型产品两阶段定价决策研究[J]. 管理工程学报, 2020, 34(02): 21-29.
- [27] Zafae A U, Qiu J, Shahzad M. Do Digital Celebrities' Relationships and Social Climate Matter? Impulse Buying in F-Commerce[J]. Internet Research, 2020, 30(6): 1731-1762
- [28] 魏瑾瑞, 王金伟. 在线评论回报的动态声誉机制研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(1): 252-262.
- [29] 韩菁, 蔡寻, 滕新玉. 价值与风险感知对好评返现行为影响的演化分析[J]. 中国管理科学, 2019, 27(9): 205-216.
- [30] 赵英男, 王欣, 王全胜, 等. 默认好评对消费者购买行为的影响[J]. 管理科学, 2020, 33(04): 137-148.
- [31] 鲍立江, 仲伟俊, 梅姝娥. 电子商务平台中刷单行为对商家间竞争的影响[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(11): 2876-2886.
- [32] 魏瑾瑞, 徐晓晴. 虚假评论、消费决策与产品绩效——虚假评论能产生真实的绩效吗 [J]. 南开管理评论, 2020, 23(01): 189-199.
- [33] 朱星圳, 李莉, 张华, 等. 在线购物环境下评论操控问题多方博弈研究[J]. 工业工程与管理, 2022, 27(02): 9-17.
- [34] Quan Y, Jin S C, Im I. The Economics of Para-Social Interactions During Live Streaming Broadcasts : A Study of Wanghongs [J]. Asia Pacific Journal of Information Systems, 2020, 30(1): 143-165.
- [35] 何鹏, 尚琦, 王先甲, 等. “直播+”背景下考虑平台监管的电商供应链演化博弈分析 [J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(08): 2366-2379.
- [36] 胡春华, 陈皖, 周艳菊, 等. 基于演化博弈的直播电商监管机制研究[J]. 管理科学学报, 2023, 26(06): 126-141.
- [37] 李春发, 曹颖颖, 王聪, 等. 平台规制下直播电商三方策略演化博弈与仿真[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2022, 19(01): 34-44.
- [38] 张文, 王强, 马振中, 等. 在线商品虚假评论发布动机及形成机理研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(07): 176-188.
- [39] Liu, Chunchi, et al. NormaChain: A blockchain-based normalized autonomous transaction settlement system for IoT-based E-commerce[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2018, 6(3): 4680-4693.

- [40] Zhou Z, Wang M, Yang C N, et al. Blockchain-Based Decentralized Reputation System in E-Commerce Environment[J]. Future Generation Computer Systems, 2021, 124: 155-167.
- [41] 汪旭晖, 任晓雪. 政府治理视角下平台电商信用监管的动态演化博弈研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(12): 29-41.
- [42] Jiang Z-Z, He N, Qin X, et al. Evolutionary Game Analysis and Regulatory Strategies for Online Group-Buying Based on System Dynamics[J]. Enterprise Information Systems, 2018, 12(6): 695-713.
- [43] Wei X, She Q. Quantitative Cusp Catastrophe Model to Explore Abrupt Changes in Collaborative Regulation Behavior of E-Commerce Platforms[J]. Information Sciences, 2023, 642: 119127.
- [44] 李杰, 张睿, 徐勇. 电商平台监管与商家售假演化博弈[J]. 系统工程学报, 2018, 33(05): 649-661.
- [45] 李广乾, 陶涛. 电子商务平台生态化与平台治理政策[J]. 管理世界, 2018, 34(06): 104-109.
- [46] Liu W, Long S, Xie D, et al. How to Govern the Big Data Discriminatory Pricing Behavior in the Platform Service Supply Chain? An Examination with a Three-Party Evolutionary Game Model [J]. International Journal of Production Economics, 2021, 231: 107910.
- [47] 刘长玉, 于涛, 马英红. 基于产品质量监管视角的政府, 企业与消费者博弈策略研究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(4): 127-135.
- [48] Chen T, Peng L, Yang J, et al. Evolutionary Game of Multi-Subjects in Live Streaming and Governance Strategies Based on Social Preference Theory During the Covid-19 Pandemic [J]. Mathematics, 2021, 9(21): 2743.
- [49] 雷丽彩, 高尚, 陈瑞祥. 大数据“杀熟”如何破? 基于政府-消费者协同监管的演化博弈[J]. 系统管理学报, 2021, 30(04): 664-675.
- [50] 杨丰梅, 王安瑛, 吴军, 等. 基于博弈论的 C2B2C 模式下电商信用监管机制研究[J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(08): 2102-2110.
- [51] 杜志平, 付帅帅, 穆东, 等. 基于 4PL 的跨境电商物流联盟多方行为博弈研究[J]. 中国管理科学, 2020, 28(08): 104-113.
- [52] 于天阳, 关志民, 董经洋等. 不同权力结构下考虑网红营销努力的直播电商供应链决策研究[J]. 管理学报, 2022, 19(05): 714-722+748.
- [53] Selten R. A Note on Evolutionarily Stable Strategies in Asymmetric Animal Conflicts[J]. Journal of Theoretical Biology, 1980, 84(1): 93-101.
- [54] 曹裕, 余振宇, 万光羽. 新媒体环境下政府与企业在食品掺假中的演化博弈研究[J]. 中国管理科学, 2017, 25(6): 179-187.
- [55] Tang Z, Wu D D, Dolgui A. Option Contracts for Online Celebrities as Retailers in Supply Chains [J]. International Journal of Production Research, 2020, 58(14): 4215-4232.
- [56] 汪旭晖, 任晓雪. 基于演化博弈的平台电商信用监管机制研究[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(10): 2617-2630.
- [57] Li X-J, Li X. Perception Effect in Evolutionary Vaccination Game under Prospect-Theoretic Approach [J]. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2020, 7(2): 329-338.
- [58] Dong J, Jiang Y, Liu D, et al. Promoting Dynamic Pricing Implementation Considering Policy Incentives and Electricity Retailers' Behaviors: An Evolutionary Game Model Based on Prospect Theory [J]. Energy Policy, 2022, 167: 113059.
- [59] 刘娜娜, 周国华. 基于前景理论的重大工程协同创新资源共享演化分析[J]. 管理工程学

- 报, 2023, 37(03): 69-79.
- [60] 刁姝杰, 匡海波, 孟斌, 等. 基于前景理论的 ISSC 服务质量管控策略的演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2021, 29(07): 33-45.
- [61] Baker C T, Buckwar E. Exponential Stability in P-Th Mean of Solutions, and of Convergent Euler-Type Solutions, of Stochastic Delay Differential Equations [J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2005, 184(2): 404-427.
- [62] Zhu C, Fan R, Lin J. The impact of renewable portfolio standard on retail electricity market: A system dynamics model of tripartite evolutionary game[J]. Energy Policy, 2020, 136: 111072.
- [63] 叶同, 关志民, 赵莹, 等. 广告和低碳竞争下基于低碳商誉的供应链动态优化与协调[J]. 管理学报, 2018, 15(08): 1240-1248.
- [64] Li C, Wan Z. Supplier Competition and Cost Improvement [J]. Management Science, 2017, 63(8): 2460-2477.
- [65] 王文隆, 刘祺, 冯耕中, 等. 疫情下双渠道供应链恢复努力决策及契约研究[J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(03): 857-870.
- [66] 王道平, 张可, 周玉. 政府奖惩下考虑回收率动态随机的闭环供应链微分博弈[J]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.1138>, 2024-03-07.
- [67] 姚凡军, 肖汉, 高野等. 碳配额交易政策下考虑消费者偏好和成员行为的供应链微分博弈研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32(01): 231-241.

攻读硕士学位期间发表或录用的学术论文与参与的科研项目经历

已发表或录用的学术论文

- [1] 候慧霞, 谢荣见, 蔡书凯. 自媒体与意见领袖合谋行为监管四方演化博弈分析[J]. 安徽工程大学学报, 已录用, 拟在 2024 年第 39 卷第 5 期刊发.

参与的项目情况

1. 省级研究生创新创业实践项目《极质 3D》

致谢

三春历过，时而觉得大学时光漫漫且绵长，时而觉得飞速且短暂。第一次踏入安徽工程大学的校园时，内心忐忑又憧憬。三载时光匆匆而过，遇到了很多人、认识了很多很多人，也学会了很多事，我在时光的洪流中匆匆成长，也在学习的道路上慢慢沉淀。回首望去，迷茫过、努力过、挣扎过、坚持过，有些收获、些许遗憾，但更多的是感谢。

首先感谢我的导师谢荣见教授，是他在我最初迷茫的时候指引我前进，在我摇摆不定的时候坚定我的选择，并给予我鼓励。他废寝忘食的工作态度令我心生敬畏，也让我明白了终身学习的重要性。在学术研究的过程中，他总能不厌其烦地指出论文中的不足之处，也能一遍遍的强调逻辑严谨的重要性。在这里，由衷的感谢谢荣见教授对我学习上的指导和生活中的关怀，也祝愿老师在今后的日子里工作顺利，身体安康！

感谢刘冬菊师姐、伍园梅师姐，你们总是像大姐姐一样照顾我、鼓励我，祝愿两位师姐在今后的工作中顺心自在，在生活中无忧无虑。感谢师弟在我需要的时候，及时伸出援助之手。感谢贾玉财师兄，在学术上总是不厌其烦地给予我指导，帮助我学习新方法、新理论，让我能够更加顺利的完成论文写作，在生活中给予我无私的帮助和照顾，让我在诸多方面都有所成长，也祝愿师兄今后如此山水，滔滔岌岌风云起。

感谢我的爸爸妈妈，倾注半生心血，默默陪伴我成长，在我彷徨无助的时候以最朴实的语言让我感受到温暖和心安，用行动让我感受到背后永远有一个可以避风和停歇的港湾。感谢丁浩燃长久以来的陪伴和支持，在我不知所措的时候，安抚我的情绪，梳理我的问题，并提供建议和努力的方向。

感谢最初的自己，在毫无头绪的时候不懈努力地充实自己，在迷茫无措的时候不断地鞭策自己。感谢现在的自己，面对未知的结果毫不畏惧，走的很慢但一直在向前看的自己，追风赶月莫停留，平芜尽处是春山，前路漫漫亦灿灿！

落笔于此，意味着研究生阶段画上了圆满的句号，最后感谢在百忙之中对本文进行审阅、指导、评议及建议的各位专家和老师们！谢谢你们！