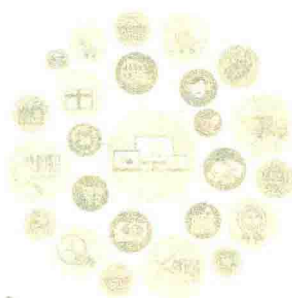


S X D Z S W P T M S X G Y L H Z J X T Y J

生鲜电子商务平台 模式下供应链合作 及协调研究

岳柳青 著



图书在版编目 (C I P) 数据

生鲜电子商务平台模式下供应链合作及协调研究 / 岳柳青著. — 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2018. 10

ISBN 978-7-5357-9982-1

I. ①生… II. ①岳… III. ①农产品—供应链管理—研究—中国 IV. ①F724.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 243696 号

SHENGXIAN DIANZI SHANGWU PINGTAI MOSHI XIA GONGYINGLIAN HEZUO JI XIEDIAO YANJIU

生鲜电子商务平台模式下供应链合作及协调研究

著 者: 岳柳青

责任编辑: 王 斌

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731 - 84375808

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 北京市朝阳区酒仙桥路 16 号 8 层 802

邮 编: 100002

版 次: 2018 年 10 月第 1 版

印 次: 2018 年 10 月第 1 次印刷

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 7.5

字 数: 220000

书 号: ISBN 978-7-5357-9982-1

定 价: 78.00 元

(版权所有 • 翻印必究)

生鲜电子商务平台模式下 供应链合作及协调研究

摘要：近年来，随着国家政策的支持推动以及技术、资本、消费观念等利好因素的影响，越来越多的优质企业入局生鲜电商行业，推动生鲜电商爆发式增长，生鲜电商行业进入高速发展期。然而，目前生鲜电商在发展过程中面临着一系列的障碍，很多生鲜电商仍处于亏损状态，因此，如何在保证生鲜农产品安全、及时配送的同时提高生鲜电商的利润是影响其快速发展的关键问题，其受到以下两个方面因素的影响：首先，在中国食品安全形势较为严峻的当下，源头质量的把控措施将影响生鲜农产品的质量安全水平；其次，由于我国尚未形成完整的冷链物流体系，物流设施落后，缺乏专业化运作，生鲜农产品快速、新鲜的配送面临严峻的挑战。

基于此，本文将结合生鲜农产品供应链协调和生鲜农产品电子商务的相关研究基础，运用信息经济学、供应链管理和消费者效用等多个领域的知识，系统考察生鲜电商平台与生产商、物流商、零售商之间的博弈模型，探讨相关合作策略与协调机制对双方决策行为及利润水平的影响，以期能够为生鲜电商企业更为良性的发展提供理论支撑。论文主要研究内容和创新性工作如下：

首先，本文基于大多数生鲜电商平台与生产商的现实合作模式，利用Spence提出的信号博弈理论，构建了生鲜电商平台与生产商之间的不完全信息动态博弈，考虑两种均衡——混同均衡和分离均衡，讨论抽检比例、抽检成本、外围惩罚等关键因素对生鲜电商平台与生产商之间的合作所产生的影响，并通过对这些因素的调节，促进双方更有效的合作。

其次，本文基于生鲜农产品的网络销量受到物流承诺配送时间和物流配送

成功率两个因素的影响,通过建立生鲜电商平台与物流商合作的 Stackelberg 博弈模型,探讨了供应链双方在物流外包模式和自营物流模式下的最优决策,比较了两种模式下生鲜农产品的最优承诺配送时间和销售价格,并通过数值实验分析了双方物流成本的差异程度对成员决策和供应链整体的影响,得到两种物流模式适应的条件。随后,在物流外包模式的基础上,构建了物流成本分担和物流成本共担模式下的博弈模型,通过表达式和数值实验比较了三种模式下生鲜农产品的物流承诺配送时间、销售价格和供应链双方利润水平的差异,探讨了两种成本分担契约对供应链双方最优决策的影响以及供应链协调作用。

最后,本文针对生鲜电商平台与零售商合作的 O2O 销售模式进行了研究。首先,针对生鲜 O2O 模式的合作特点和生鲜农产品新鲜度衰减的特性,根据消费者效用理论,定义了受线上线下感知差异、生鲜农产品新鲜度、价格影响的消费者时变效用函数,构建了以生鲜电商平台为领导者的 Stackelberg 模型,分析和比较了在传统零售模式和生鲜 O2O 模式下零售商的最优策略和利润水平,讨论了影响零售商是否愿意加入生鲜 O2O 模式的关键因素。随后,考虑了生鲜 O2O 模式中,生鲜电商平台与零售商合作进行保鲜投入以提高生鲜农产品新鲜度的问题,利用微分博弈模型,建立了生鲜电商平台主导、零售商主导和收益共享契约下的博弈模型,分析了在三种博弈模式下生鲜电商平台和零售商的保鲜投入水平、定价等最优决策,寻找使得双方利润水平达到最优的动态策略并探讨收益共享契约对供应链的协调作用。

关键词: 生鲜电子商务平台; 质量安全; 质量保鲜; 博弈论; 供应链契约

分类号: F272.3

Research on Supply Chain Cooperation and Coordination in Fresh E-commerce Platform Mode

Abstract: In recent years, with the support of national policies and by the other positive factors of technology, capital, consumer attitudes, more and more high-quality enterprises get into the fresh E-commerce industry, which promoting the explosive growth of this industry. However, a series of obstacles still exist in the development of fresh E-commerce, many of them are still at a loss. How to control the level of fresh products' quality as well as increase profit is the key problem which affects its rapid development. The quality control of fresh E-commerce mainly includes two aspects: First, controlling the food safety of fresh agricultural products from the source to gain the trust of consumers in the tough situation of China food security. Secondly, a complete cold chain logistics system has not been formed and the lack of logistics facilities and specialized operations, fast and fresh distribute the fresh agricultural products still face challenges.

On account of the above issues, based on some relative research of supply chain management and E-commerce of fresh agriculture products, using the

knowledge in the fields of game theory, supply chain management and consumer utility theory, this paper systematical investigates the optimal cooperation strategy in the fresh E-commerce platform and manufacturers, logistics providers, retailers, discusses the impact of supply chain coordination mechanism to the profit of both parties. The main research contents and innovative work of this paper are as follows:

Firstly, based on the signaling game model proposed by Spence, this paper discusses the realistic cooperation between fresh E-commerce platform and manufactures, analyzes the incomplete information dynamic game of the two parties under E-commerce mode, considers two kinds of equilibrium: the pooling equilibrium and separating equilibrium and discusses the key factors such as sampling ratio, sampling cost and external punishment which influence the cooperation between fresh E-commerce platform and manufacturers and through discussion of these factors to promote more effective cooperation between the two sides.

Secondly, this paper builds the Stackelberg model between fresh E-commerce platform and logistics enterprise, assuming that the network sales of fresh agricultural products affected by delivery time guarantees and success rate of distribution. It compares the delivery time guarantees and sales price in outsourcing logistics mode and proprietary logistics mode, analyzes the impact of degree logistics cost differentiation on the supply chain and players through numerical experiments, obtains the adapting conditions of two kinds of logistics model. Then, based on the outsourcing logistics mode, it proposes game model of one-side cost sharing contract and two-side cost sharing contract, compares the delivery time guarantees, sales price of fresh agricultural products and the profit of two sides through expression comparison and numerical study, analyzes the effect of the two types cost sharing contract to the optimal strategy of both sides and coordination effect to supply chain.

Finally, the fresh O2O sales model between fresh E-commerce platform

and retailer are studied. According to the characteristics of fresh O2O model and the freshness attenuation of fresh agricultural products, based on the theory of consumer utility, this paper constructs the consumer time-varying utility function, which is affected by online and offline perceptual difference, the freshness of fresh agricultural products and price. It builds the fresh E-commerce platform-Stackelberg model, compares the optimal decision and profit level of the supply chain of two mode, and discusses the key factors that affect whether retailers are willing to join the fresh O2O mode.

Then, it considers the quality inputs of fresh E-commerce platform and retailers to improve the freshness of fresh agricultural products in fresh O2O mode. Based on the theory of differential game theory, this paper builds game models of fresh E-commerce platform-leader, retailer-leader and cost sharing contract, discusses the quality inputs and pricing strategy of fresh E-commerce platform and retailer under three game models to find a dynamic strategy that makes the profit level of both parties to be optimal and the coordinating function of the revenue sharing contract to the supply chain.

Keywords: Fresh E-commerce Platform; Quality Safe; Fresh Keeping; Game Theory; Supply Chain Contract

Classification: F272.3

目 录

第 1 章 绪论 001

- 1.1 研究背景及问题的提出 001
- 1.2 本文的研究目的及意义 004
- 1.3 本文的主要研究内容及创新 005
 - 1.3.1 本文的主要研究内容 005
 - 1.3.2 本文的研究方法 007
 - 1.3.3 本文的创新之处 008

第 2 章 文献综述及相关理论基础 010

- 2.1 生鲜农产品供应链相关理论概述 011
 - 2.1.1 生鲜农产品供应链的概念及特点 011
 - 2.1.2 电子商务背景下生鲜农产品供应链的结构 012
 - 2.1.3 电子商务背景下生鲜农产品供应链运作模式的变革 013
- 2.2 生鲜农产品供应链合作及协调研究 014
 - 2.2.1 生鲜农产品供应链合作策略研究 015
 - 2.2.2 生鲜农产品供应链协调契约研究 016
 - 2.2.3 其他生鲜农产品供应链协调方式 019
- 2.3 生鲜农产品电子商务的研究 020
 - 2.3.1 生鲜农产品电子商务发展模式的研究 020
 - 2.3.2 生鲜农产品电子商务消费者行为的研究 021
 - 2.3.3 生鲜农产品电子商务供应链管理的研究 022
- 2.4 现有研究的评述 023

第 3 章 考虑质量安全的生鲜电商平台源头合作策略研究 025

- 3.1 问题描述与假设 026
- 3.2 模型分析 028
- 3.3 扩展模型 030
- 3.4 均衡解分析及管理启示 033
- 3.5 本章小结 035



第4章 考虑新鲜度的生鲜电商平台物流配送模式选择及契约协调研究 036

- 4.1 问题描述与假设 038
- 4.2 生鲜电商平台物流合作模式选择研究 039
 - 4.2.1 外包物流模式下的最优解 039
 - 4.2.2 自营物流模式下的最优解 041
 - 4.2.3 两种物流模式下最优解的比较与分析 042
 - 4.2.4 数值实验 043
 - 4.2.5 管理启示 047
- 4.3 生鲜电商平台物流合作的成本分担契约研究 048
 - 4.3.1 物流成本分担契约模式下的博弈模型 049
 - 4.3.2 成本共同分担契约模式下的博弈模型 053
- 4.4 本章小结 058

第5章 考虑零售商保鲜的生鲜 O2O 模式选择及契约协调研究 060

- 5.1 基于消费者效用理论的生鲜 O2O 模式选择研究 061
 - 5.1.1 问题描述及假设 062
 - 5.1.2 传统零售模式下的市场策略 065
 - 5.1.3 生鲜 O2O 模式下的市场策略 067
 - 5.1.4 两种模式下市场策略的比较与分析 069
 - 5.1.5 数值实验 071
- 5.2 基于微分博弈的生鲜 O2O 销售模式的收益共享契约研究 075
 - 5.2.1 问题描述及假设 076
 - 5.2.2 批发价契约下的博弈模型 078
 - 5.2.3 收益共享契约下的博弈模型 085
 - 5.2.4 数值实验 089
- 5.3 本章小结 091

第6章 研究结论与展望 093

- 6.1 研究结论与启示 093
- 6.2 研究局限与展望 096

参考文献 097

第1章

绪 论

1.1 研究背景及问题的提出

随着国家在政策层面对现代农业的支持和人们消费习惯的改变,农产品电子商务作为一种新的农产品销售方式得到了迅速的发展。继2012年中央一号文件提出发展农产品电子商务后,2014年中央一号文件再次提出“加强农产品电子商务平台建设”,2015年中央一号文件又提出“支持电商、物流、商贸、金融等企业参与涉农电子商务平台建设,重点解决网络、物流、双向流通、冷链建设等问题,开展电子商务进农村综合示范”。与此同时,财政部、商务部、农业部等部门都出台了促进农产品电子商务发展的具体措施。据统计,2010年阿里平台农产品销售额37亿元左右,至2015年经营农产品的卖家数量超过90万个,完成农产品销售695.50亿元^[1],阿里平台农产品销售额的年均增速为112.15%^[2],农产品电子商务逐渐成为继图书、服装、3C电子产品三大电商热潮后的第四大电商热潮。

在农产品电子商务领域中,生鲜电商吸引了众多投资者的目光,2012年以来,各种蔬菜、水果、肉类等,纷纷“触电”,市场异常火爆。先有一线电

商天猫、京东、苏宁易购、1号店等全面进军生鲜市场,后有垂直电商顺丰优选、沱沱工社、田园易购等纷纷跟进,随后喵鲜生、爱鲜蜂等社区生鲜电商也如雨后春笋般蓬勃发展。据易观智库发布的《中国生鲜电商市场年度盘点报告(2016)》显示:2015年国内生鲜电商交易规模达到了542亿元,预计2016年中国生鲜电商交易规模将达到913.9亿元,2017年将会接近1500亿元^[3]。由于万亿级规模的市场潜力和不到1%的电商渗透率,生鲜电商被誉为电商领域的“最后一块蓝海”。

然而,目前生鲜电商在发展过程中仍然面临着一系列的障碍,大部分生鲜电商仍处于亏损状态。如何保证生鲜农产品安全、及时地配送,同时保证生鲜电商的利润水平是亟待解决的关键问题。相对于传统购物渠道,消费者在网络渠道进行购买时不能实际感知生鲜农产品的相关属性,如果当消费者发现实际质量水平与其预期相去甚远时,消费者的网络购买体验将大打折扣,从而有可能发生投诉、退换货等行为,影响其重复购买的意愿,不利于生鲜农产品电子商务的推广。但由于我国农产品质量监管体系尚不健全,冷链物流设施较为薄弱,相关配套服务和人员素质仍有待提升,因而使得生鲜电商的运营成本高企,大部分生鲜电商仍处于亏损状态。因此,在保证生鲜农产品的安全、新鲜的同时,如何提高生鲜电商的利润水平需要解决以下两方面的问题:首先应制定有效的质量管理机制从源头保证生鲜农产品的质量安全。在国家食品药品监督管理总局公布的2016年食品抽检公告中,具有食品安全风险的网售不合格食品共计86个批次,涉及淘宝、天猫、京东、1号店等知名电商平台^[4]。同时,2016年3月中国之声《央广新闻》报道,国际食品药品监督管理总局通报了京东、天猫两大电商平台,原因是抽样检测发现两大电商平台上许多食品不合格或不安全^[5]。关于网络食品质量纠纷所引发的供应商、第三方电商平台等主体责任问题近年来愈发明显,并成为阻碍消费者维权的最大障碍。在食品安全公信力集体缺失的当下,生鲜电商如何采取质量管理措施,加强生鲜农产品源头质量管理,对上游供应商的食品质量水平进行有效控制是推进生鲜电商持续健康发展的重要议题。

其次,在现有条件下,如何通过经济高效的配送和销售,从而保证生鲜农产品的新鲜程度是目前生鲜电商面临的另一大挑战。区别于一般产品,生鲜农

产品对保鲜技术、运输时效的要求较高,如果在运输、储存、配送等环节中的保鲜措施不到位,生鲜农产品将可能发生腐烂变质,从而导致投诉、退货率增加。根据1号店、天猫等诸多大型平台上销售的生鲜品类的投诉统计显示:对于蔬果等生鲜产品,消费者的投诉主要集中在收货后发现与商家的图片描述和现实有比较大的差异,有烂果、瘀伤果;而对于海鲜等生鲜品类,消费者的投诉则主要集中在冰袋已经化水、海鲜的肉质已变软甚至渗水、有异味等,由此可见,生鲜电商的冷链配送仍然存在一定的漏洞。造成这一现象的原因在于我国冷链物流产业起步较晚,基础较差,虽然近几年来冷链物流发展呈爆炸式增长,但相较于发达国家,我国冷链物流整体水平仍有较大差距,截至2015年,我国果蔬、肉类、水产品冷链流通率分别为22%、34%、41%,欧洲国家、美国、加拿大、日本等发达国家肉禽冷链流通率已经达到100%,蔬菜、水果冷链流通率也达到95%以上^[6]。冷链物流基础设施落后,全程冷链系统不完善,生鲜产品跨区域、跨季节储藏运输,消费者分散性等原因造成了生鲜电商物流配送的严重损耗和较高成本^[7]。根据资料统计,生鲜电商的物流损耗率普遍在5%~8%之间,有的甚至超过10%^[8]。为了破解物流困局,生鲜电商纷纷采取各种物流模式降低物流成本。目前,生鲜电商的主要物流模式为自建冷链物流模式、第三方冷链物流模式、社区配送冷链物流模式等^[9]。然而每种物流模式均存在各自的优劣势,生鲜电商如何进行物流模式的选择,并设计相应的供应链合作契约以达到物流配送时效高、损耗和运营成本较低、消费者良好的购物体验等目标,仍需要进一步探索。

目前生鲜农产品电子商务尚处在起步阶段,仍存在一系列理论和现实问题,然而,有关生鲜农产品电子商务的研究大多停留在生鲜农产品电子商务模式、消费者行为等层面的研究,对生鲜电子商务平台模式下供应链相关各方的协调研究尚没有找到规范、系统的突破口。由此,本文将以生鲜电商平台作为供应链的核心企业,通过分析生鲜电商平台与生产商、物流商和零售商的合作策略,探讨供应链双方的合作和协调机制,在提高供应链利润的同时,保证生鲜农产品的质量水平。

1.2 本文的研究目的及意义

随着“互联网+”行动计划的提出,电子商务为传统农业的发展带来了机遇和挑战。本文以此为背景,以生鲜电子商务平台为核心企业构建的生鲜农产品供应链为研究对象,针对生鲜电商运营成本高企与消费者对生鲜农产品质量体验不佳之间存在的矛盾,以博弈论与信息经济学理论、供应链协调理论、消费者效用理论等理论为基础,分析生鲜电商平台与生产商、物流商、零售商合作时,供应链各主体的最优决策,并分析不同的合作策略和协调契约对企业决策和利润的影响,减少各节点企业间的矛盾和冲突,更好地分工合作,确保整个供应链获得的收益大于各节点企业单独决策时获得的收益之和,以期为生鲜农产品电子商务采取合理的合作策略提供借鉴和参考依据。

本文的研究意义主要有以下几个方面:

(1) 为生鲜电商平台企业的决策提供一套科学的理论方法和依据

只有将生鲜农产品安全、优质、高效地配送给消费者,消费者才能逐渐形成网络购买生鲜农产品的消费习惯,同时也能够为生鲜农产品的流通提供新的解决思路。但由于外围配套环境不够完善,企业运营基础欠佳等原因,生鲜电商平台需要与不同类型的合作方进行协作,因此企业面临着较为复杂的供应链决策。对此,针对不同类型的合作方,综合考虑供应链各方的质量控制、配送和销售中的保鲜措施等影响生鲜农产品质量水平要素,为其制定合理的供应链合作策略与协调契约,对于生鲜电商平台提升经营业绩具有重要意义。

(2) 充实和完善生鲜农产品供应链管理理念和理论研究

针对生鲜农产品在供应链生产和流通环节中的质量安全、质量保鲜等问题,本文考虑在生鲜电子商务平台模式下,研究生鲜电商平台和生产商、物流商、零售商合作中的合作策略、模式选择和供应链协调问题,力图使供应链各节点企业在实际中能以有效的方式加强合作,减少生鲜农产品质量参差不齐的问题,从而保证生鲜农产品在电子商务模式下的质量水平。这些内容将拓宽生

鲜农产品生产和流通的相关研究领域,并丰富生鲜农产品供应链协调的理论研究。

1.3 本文的主要研究内容及创新

1.3.1 本文的主要研究内容

在综合分析和评述生鲜农产品供应链协调和生鲜农产品电子商务的相关研究文献的基础上,为了使生鲜电子商务平台模式下生鲜农产品能够安全、优质、高效地生产和流通,生鲜电商平台需要与生产商、物流商和零售商进行有效合作从而达到供应链的共赢。全文共分为6章,主要研究内容如下:

第1章 绪论。主要介绍本文的研究背景,引出并界定研究问题,阐述研究的目的是意义,介绍本文的主要内容及研究方法,最后解释本文的主要创新点。

第2章 文献综述及相关理论基础。本文所研究的是生鲜电子商务平台模式下生鲜农产品供应链的合作和协调研究,因此,本文首先对生鲜农产品供应链的概念及特点进行简单介绍,并针对传统渠道下生鲜农产品供应链协调的国内外研究现状进行系统的综述;然后,对生鲜农产品电子商务的概念进行简单介绍,最后对目前已有的关于生鲜农产品电子商务模式、消费者行为以及供应链协调等研究现状进行综述。

第3章 考虑质量安全的生鲜电商平台源头合作策略研究。要保证所售生鲜农产品的质量安全,生鲜电商平台需要严格把控生鲜农产品生产商的质量水平,选择与高质量农产品生产商合作。针对这一问题,本文利用 Spence 提出的信号博弈理论,分析生鲜电子商务平台模式下生鲜电商平台与生产商之间的不完全信息动态博弈,考虑两种均衡——混同均衡和分离均衡,讨论抽检比例、抽检成本、外围惩罚等关键因素对生鲜电商平台与生产商之间的合作所产生的影响,并通过对这些因素的调节,促进双方更有效的合作。

第4章 考虑新鲜度的生鲜电商平台物流配送模式选择及契约协调研究。生鲜农产品的易腐特性需要物流商提供高效快捷的配送服务,但是目前我国冷链物流基础设施较差,专业运输设备缺乏,使得生鲜配送一直是制约生鲜电商发展的主要障碍。为了解决这一问题,不同的生鲜电商平台采取不同的物流配送模式,在假设生鲜农产品网络销量受到物流配送承诺和物流配送能力共同影响的前提下,本文建立了生鲜电商平台与物流商合作的 Stackelberg 博弈模型,比较了外包物流模式和自营物流模式中供应链双方的最优决策及利润水平,并通过分析两种模式下物流能力和物流费用对供应链成员决策、供应链整体的影响,得到两种物流模式适应的条件。其次,针对生鲜电商平台与第三方冷链物流合作的物流运作模式,通过构建模型,求出批发价契约、成本分担契约和成本共同分担契约三种决策模式下供应链双方的最优决策和利润水平,通过表达式比较和数值实验,讨论成本分担契约和成本共担契约对供应链的协调作用。

第5章 考虑零售商保鲜的生鲜 O2O 模式选择及契约协调研究。为解决冷链配送的“最后一公里”问题,生鲜 O2O 模式被认为是生鲜农产品电子商务市场发展的首选商业模式,而生鲜农产品有其固有的特点,需要线下零售商付出一定的保鲜成本,因此这一模式是否成功取决于与线下零售商的合作度高低。因此本章首先将基于生鲜农产品保鲜努力和双渠道管理的相关研究,针对生鲜 O2O 模式的合作特点和生鲜农产品新鲜度衰减的特性,根据消费者效用理论,构建受线上线下感知差异、生鲜农产品新鲜度、价格影响的消费者时变效用函数,分析和比较在传统零售模式和生鲜 O2O 模式下供应链双方的最优决策和利润水平,讨论零售商加入生鲜 O2O 模式的关键因素。其次,针对生鲜 O2O 模式中生鲜电商平台与零售商的合作,利用微分博弈理论,分析在批发价契约和收益共享契约两种模式下电商平台和零售商的定价和质量投入水平,寻找双方利润水平达到最优的动态策略以及收益共享契约对供应链的协调作用。

第6章 研究结论与展望。本章首先对全文的研究内容及研究进行总结,并提出本研究存在的局限以及未来可能的研究方向。

本文的研究框架如图 1-1 所示。

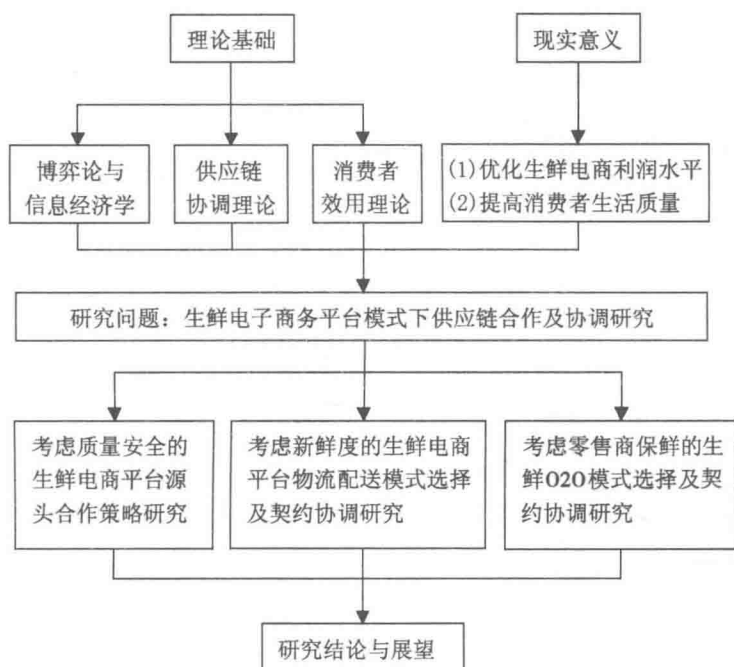


图 1-1 本文的研究框架

1.3.2 本文的研究方法

本文在文献研究和实地调研的基础上,采用以数理模型分析为主,定性分析为辅的研究方法,具体研究方法如下:

(1) 文献研究方法:通过计算机网络检索和已经建立的学术联系等渠道,广泛收集国内外与本课题有关的各种文献和资料,跟踪国内外相关理论与最新实践进展。

(2) 实地访谈法:对生鲜农产品电商平台进行调查,了解其与生产商、物流服务商和社区实体店的合作情况,把握我国生鲜电商发展的现状。

(3) 数学建模:构建生鲜电商平台与生产商、物流商和零售商合作中的博弈模型,并通过求解模型,找出最佳策略;应用供应链契约理论研究生鲜农产品供应链的协调问题。

(4) 数值仿真:通过 Matlab2010 软件进行数值仿真和实验对模型推导结