

分类号 C93/71  
UDC                     

密级                       
编号 10741



# 硕士学位论文

论文题目 4PL 平台生态合作及定价策略研究

研究生姓名:                     顾振辉                    

指导教师姓名、职称:                     曹晓军 教授                    

学科、专业名称:                     管理科学与工程                    

研究方向:                     物流与供应链管理                    

提交日期:                     2022年5月29日

## 独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 顾振辉 签字日期： 2022.5.29

导师签名： 曹晓 签字日期： 2022.5.29

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意” / “不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；
2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分內容。

学位论文作者签名： 顾振辉 签字日期： 2022.5.29

导师签名： 曹晓 签字日期： 2022.5.29

# 4PL Platform Ecological Cooperation and Pricing Strategy Research

**Candidate : Gu Zhenhui**

**Supervisor: Cao Xiaojun**

## 摘 要

平台经济的快速发展提升了全社会资源配置效率,推动技术变革升级,加快产业向自动化、智能化方向发展。在此背景下,可以调配和管理组织自身及具有互补性服务提供的资源、能力、技术,能够提供全面的供应链解决方案的第四方物流(4PL)企业开始向平台化转型,一些新兴的4PL平台相继出现,如菜鸟网络等。4PL平台本质上是利用数据来驱动第三方物流公司间协作的平台,它具有全产业链优势,能够保证平台的双边客户拥有大量资源交换和合作创新的机会。与此同时,随着商业生态系统在各个行业的发展和应用,这推动着4PL平台与合作伙伴对合作模式进行优化和调整,加强了合作伙伴之间的联系,并且提高了合作的灵活性,也为各方带来许多价值,例如降低了合作成本,弥补资源的局限性等,然而这也导致4PL平台协调第三方行为的复杂性和不确定性。

因此,本文对4PL平台生态合作及定价策略进行研究,即4PL平台生态系统模型的构建、4PL平台生态合作、4PL平台定价策略的研究。本文的主要工作如下:

(1) 构建了由4PL平台核心层、服务层以及环境层的按照圈层关系组成的4PL平台生态系统模型。首先分析4PL平台产生的原因,接着以商业生态系统理论为基础,构建由4PL平台核心层、服务层以及环境层的按照圈层关系组成4PL平台生态系统,主要的研究对象是平台核心层即4PL平台、物流服务提供商、物流服务需求方,并分析4PL平台生态系统发展过程中可能出现的问题。

(2) 构建了4PL平台和物流服务提供商的演化博弈模型,研究了系统向生态合作演化的条件。在已有4PL平台生态系统的基础上,结合各参与方与4PL平台合作时面临的订单分配不合理、丧失行业话语权等合作冲突的问题,借鉴现有文献关于企业间合作从传统到生态的研究成果,构建4PL平台和物流服务提供商间的演化博弈模型,研究双方合作中的动态行为决策策略,以及相互影响的演化机理。研究发现:双方合作过程中,4PL平台和物流服务提供商决定选择的合作策略会相互影响,二者间合作关系的演化方向主要取决于4PL平台与物流服务提供商所采用的具体策略。随着4PL平台和物流服务提供商的超额收益、损失成本的提高以及额外成本减少,双方采取(生态合作,合作)的策略集的可能性会增加,并且(生态合作,合作)策略集是系统最优选择,这一结论可用来解

释越来越多的物流服务提供商愿意和菜鸟网络进行生态合作的现象。

(3) 建立考虑赋能成本的 4PL 平台定价模型, 研究了生态系统发展的不同阶段, 4PL 平台的双边定价策略。在洞察平台企业发展模式的基础上, 模型引入赋能成本的概念, 研究了 4PL 平台的赋能成本对平台向物流服务需求方和物流服务提供商收取的服务价格、平台利润、物流服务需求方和提供商的最优剩余及 4PL 平台生态系统发展等方面的影响。研究表明: 4PL 平台对双边任何一方赋能成本的增加会使 4PL 平台向其收取较高的服务价格, 但在确定定价时也应该考虑平台生态系统中用户的规模, 即当平台生态系统规模较小时优先对物流服务提供商制定高价, 当平台生态系统规模较大时优先对物流服务需求方制定高价, 来确保平台的收益; 同时, 赋能成本的增加, 会提高物流服务需求方和物流服务提供商的用户体验, 可激励平台生态系统外的其他用户加入到 4PL 平台生态系统中来, 使平台的网络外部性增强, 可使 4PL 平台利润大增, 进而促进 4PL 平台生态系统可持续发展。

**关键词:** 4PL 平台生态系统 生态合作 定价策略 演化博弈 系统动力学

## Abstract

The rapid development of platform economy enhances the efficiency of resource allocation of the whole society, promotes technological changes and upgrades, and accelerates the development of industry in the direction of automation and intelligence. In this context, fourth-party logistics (4PL) companies, which can deploy and manage resources, capabilities and technologies of their own and complementary service providers, and can provide comprehensive supply chain solutions, have started to transform into platforms, and some emerging 4PL platforms have emerged, such as Cainiao Network, etc. 4PL platforms are essentially platforms that use data to drive collaboration among third-party logistics companies, which have the advantage of the whole It has the advantage of the whole industry chain, which can ensure that bilateral customers of the platform have a lot of opportunities for resource exchange and cooperation and innovation. At the same time, as business ecosystems develop and are applied across industries, this drives 4PL platforms and partners to optimize and adapt their collaboration models, strengthening ties between partners and increasing the flexibility of collaboration, as well as bringing much value to all parties, such as reducing collaboration costs and compensating for resource limitations, however, this also leads to the complexity and uncertainty of coordinating third-party behavior on 4PL platforms. However, this also leads to complexity and uncertainty in

coordinating third-party behavior on 4PL platforms.

Therefore, this paper investigates the 4PL platform eco-cooperation and pricing strategy, the construction of 4PL platform ecosystem model, 4PL platform eco-cooperation, and 4PL platform pricing strategy. The main work of this paper is as follows.

(1) A 4PL platform ecosystem consisting of a 4PL platform core layer, a service layer and an environment layer is constructed in accordance with the circle relationship. The main objects of the study are the core layer of the platform, i.e. the 4PL platform, logistics service providers and the demand side of logistics services, and the possible problems that may arise during the evolution of the 4PL platform ecosystem.

(2) An evolutionary game model of 4PL platforms and logistics service providers is constructed, and the conditions for the evolution of the system to ecological cooperation are studied. Based on the existing 4PL platform ecosystem, the evolutionary game model between 4PL platform and logistics service provider is constructed based on the problems of cooperation conflicts faced by each participant in cooperation with 4PL platform, such as unreasonable order distribution and loss of industry discourse, drawing on the existing literature on the research results of inter-enterprise cooperation from traditional to ecological, to study the dynamic behavioral decision-making strategies in the cooperation between the two parties, and the evolutionary mechanism of mutual influence is studied. It

is found that the cooperation strategies that 4PL platform and logistics service provider decide to choose in the process of cooperation will influence each other, and the evolution direction of the cooperation relationship between them mainly depends on the specific strategies adopted by 4PL platform and logistics service provider. As the excess revenue, loss cost, and additional cost of the 4PL platform and logistics service provider decrease, the possibility of both parties adopting the (eco-cooperation, cooperation) strategy set increases, and the (eco-cooperation, cooperation) strategy set is the system optimal choice, and this finding can be used to explain the phenomenon that more and more logistics service providers are willing to engage in eco-cooperation with Cainiao network.

(3) A pricing model of 4PL platform considering the enabling cost is established, and the bilateral pricing strategies of 4PL platform are studied at different stages of ecosystem development. On the basis of insight into the development model of platform enterprises, the model introduces the concept of enabling cost and investigates the impact of the enabling cost of 4PL platform on the service price charged by the platform to logistics service demanders and logistics service providers, the platform profit, the optimal surplus of logistics service demanders and providers bilateral platform service recipients and the development of 4PL platform ecosystem. The study shows that the increase in the cost of empowerment of either bilateral party by the 4PL platform will cause the 4PL platform to



charge them higher service prices, but the size of the platform users should also be considered in determining the pricing, and the high prices should be set for the logistics service providers in priority when the platform ecosystem is small, and the high prices for the logistics service demanders in priority when the platform ecosystem is large to ensure the platform's revenue; meanwhile, the increase of empowerment cost will improve the user experience of logistics service demanders and logistics service providers, which can motivate other users outside the platform to join the 4PL platform ecosystem, so that the network externality of the platform will be enhanced, which can make the 4PL platform much more profitable and thus promote the sustainable development of the 4PL platform ecosystem.

**Keywords:** 4PL platform ecosystem, ecological cooperation, pricing strategy, evolutionary game, system dynamics

# 目 录

<b>1 引言</b>	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 企业间合作关系：从传统到生态	3
1.2.2 平台与 4PL 平台	4
1.2.3 平台生态系统	7
1.2.4 文献述评	8
1.3 研究内容及结构	9
1.3.1 研究内容	9
1.3.2 技术路线图	10
1.3.3 论文结构	11
1.4 创新点	11
1.5 本章小结	12
<b>2 相关基础理论</b>	13
2.1 商业生态系统理论	13
2.2 演化博弈理论	15
2.3 系统动力学	16
2.4 本章小结	17
<b>3 4PL 平台生态系统的构建与研究</b>	18
3.1 4PL 平台的产生	18
3.2 4PL 平台生态系统的内涵与结构	19
3.2.1 4PL 平台生态系统的内涵	19
3.2.2 4PL 平台生态系统的结构	20
3.3 4PL 平台生态系统分析	21
3.4 本章小结	22
<b>4 4PL 平台与物流服务提供商的合作演化博弈研究</b>	23
4.1 问题描述	23
4.2 基本假设和博弈模型构建	23
4.2.1 基本假设及模型参数	23
4.2.2 博弈模型的构建	25
4.3 演化博弈均衡点稳定性分析	26
4.3.1 演化博弈的均衡点	26
4.3.2 演化博弈均衡点的稳定性分析	27
4.4 演化仿真分析	36
4.4.1 仿真模型的建立	36

4.4.2 演化模型仿真分析.....	37
4.5 本章小结.....	42
<b>5 考虑赋能成本的 4PL 平台定价策略.....</b>	<b>43</b>
5.1 问题描述.....	43
5.2 基本假设和模型构建.....	44
5.2.1 基本假设.....	44
5.2.2 模型的构建.....	48
5.3 考虑赋能成本的 4PL 平台定价均衡分析.....	49
5.3.1 4PL 平台最优定价及其最优利润.....	49
5.3.2 4PL 平台赋能成本的影响分析.....	51
5.4 数值模拟分析.....	53
5.4.1 最优价格下的算例分析与 4PL 平台定价策略.....	54
5.4.2 最优剩余下的算例分析与 4PL 平台定价策略.....	55
5.4.3 最大利润下的算例分析与 4PL 平台定价策略.....	57
5.5 本章小结.....	59
<b>6 结论与展望.....</b>	<b>60</b>
6.1 主要结论.....	60
6.2 研究展望.....	61
<b>参考文献.....</b>	<b>62</b>
<b>致谢.....</b>	<b>67</b>
<b>攻读硕士学位期间发表论文及科研情况.....</b>	<b>68</b>

# 1 引言

## 1.1 研究背景及意义

### 1.1.1 研究背景

在社会发展和科技进步的过程中，企业所面临的市场环境是千变万化的，而且，随着消费者需求越来越旺盛，且朝着多元化、个性化的方向发展，企业竞争逐渐激烈，竞争格局由原来的企业间的竞争逐渐转为“商业生态系统”的竞争。基于互联网的平台企业整合了相关资源在出行、社交、搜索、电商等行业发挥了重要作用，以平台为核心的平台生态系统正在成为推动经济发展的重要力量。平台商业模式通过网络聚集社会资源给双边客户提供服务已经成为现代服务业的主流模式<sup>[1]</sup>。

随着互联网、大数据与云计算等技术快速的发展，物流平台企业呈现从无到有，从有到多的发展局面，像菜鸟网络等一批物流平台企业逐步发展了起来，他们利用互联网聚集各种物流资源、降低交易成本和物流成本，为推动产业链协同提供了重要思路。2019年2月26日，国家发改委出台《关于推动物流高质量发展促进形成强大国内市场的意见》，提出加快落实资源共享的物流信息平台的建设，推动物流服务的新模式和以现代信息技术为根基的“平台型”供应链的发展，实现物流信息共享，降低资源匹配中的损耗。而聚集了物流全产业链（包括仓储、干线、快递、跨境物流等）上的优势资源，积极尝试建立数据驱动第三方物流公司的协作平台的第四方物流（Fourth Party Logistics, 4PL）平台也开始构建自己的生态系统。例如菜鸟网络、京东等都在积极开展构建基于平台的生态系统。

在平台企业向生态系统发展的过程中，平台企业和物流服务提供商面临一些新的问题需要解决。具体而言，对于物流服务提供商来说，在和4PL平台合作过程中，一方面存在订单分配不合理、丧失行业话语权等问题，另一方面还存在无法度量加入生态系统所带来的价值的问题；对于4PL平台来说，首先是对如何构建生态系统、如何实现生态系统可持续发展的思路不够清晰，其次在

生态合作中对可能发生的问题难以制定针对性的策略，最后对于如何制定合理的定价策略以实现生态系统可持续发展也是难题之一。

本研究聚焦上述问题，通过对 4PL 平台生态系统深入的研究，尝试揭示 4PL 平台生态系统发展的内在规律，为 4PL 平台生态系统的建立和发展、物流产业的转型和升级提供借鉴。论文立足商业生态系统、演化博弈论、系统动力学等理论对 4PL 平台生态系统进行分析，构建了 4PL 平台生态系统模型，研究 4PL 平台与物流服务提供商合作演化博弈以及考虑赋能成本的定价策略，为 4PL 平台生态系统建立和发展提供理论指导。

### 1.1.2 研究意义

本文所研究的 4PL 平台是在 4PL 基础上发展而来的，首先，它可以满足客户多样化、个性化的需求，可提供较为完善的供应链解决方案；其次，从物流产业的角度出发，能够保证物流产业的成本最小化，运作效率最大化，推动着物流产业健康快速的发展<sup>[2]</sup>。从商业生态系统的角度去研究 4PL 平台符合目前平台发展的趋势，具有较强的现实意义。概括的说，本文的研究意义如下：

#### （1）理论意义

通过整理文献可以发现，已有研究大多从供应链融资模式、利益分配、价值等角度来研究 4PL 平台，而鲜少用商业生态系统理论来研究 4PL 平台，也很少运用演化博弈理论来研究 4PL 平台与合作伙伴动态合作的演化，在 4PL 平台服务定价的研究中，将赋能成本考虑在内的研究更是比较少见。因此本文基于商业生态系统理论构建了 4PL 平台生态系统模型，构建演化博弈模型研究 4PL 平台与合作伙伴的动态合作演化，以及引入赋能成本来研究定价策略对整个生态系统可持续发展的影响，为 4PL 平台提供了新的研究视角和方法。

#### （2）现实意义

从产业发展的角度来说，平台经济代表着服务业发展的新方向，而 4PL 平台是国家“互联网+”战略在物流行业发展的载体。研究 4PL 平台生态系统，能够实现物流信息共享、降低物流成本和交易成本、提高物流服务质量，从而推动物流行业的发展。

从企业的角度来说，对 4PL 平台生态系统的研究是新兴经济模式下生态系

统建立和发展的关键问题，同时也为 4PL 平台生态系统的建立和发展提供实践指导。

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 企业间合作关系：从传统到生态

传统企业理论所定义的企业间的关系是利用市场形势或者利用企业内部化来完成，也就是二分法原则。而 Alchian 和 Demsetz<sup>[3]</sup>以及 Rihardson<sup>[4]</sup>在传统企业理论的基础上进行延伸，提出传统企业理论忽视了企业间的合作关系，即有组织、有协调的产业组织行为。

国内外研究者采用交易成本理论、政治经济理论、社会交换理论等多种理论对企业合作伙伴关系展开研究，而合作伙伴关系指的是成员在相似文化组织中有相同的目标或者拥有达成相同目标的信念。于是伴随着企业间的合作，企业会变得越来越有竞争力。

学者从合作模式、合作治理方面对企业间合作模式展开研究。李柏洲等<sup>[5]</sup>研究的是集成供应链企业间合作创新，运用复杂系统理论，通过构建 Logistic 动态分析模型得出结论，即集成供应链企业间合作绩效和供应链集成度和知识协同能力呈正相关关系。杨震宁等<sup>[6]</sup>在研究那种驱动力是企业形成技术联盟的原因，那种调节变量是联盟中的合作优化方式，通过实证研究，得出当市场环境竞争激烈、政府给予大力支持时，就增强了企业形成技术战略联盟的动力，同时政府行为的规范性和带头单位协调能力的强大都能确保战略联盟的稳定性。Williamson 和 De Meyer<sup>[7]</sup>指出通过明确增值、区分合作伙伴角色、激励合作伙伴的投资、减少交易费用、灵活学习、价值获取机制等六种途径可以帮助企业发挥生态合作的优势。关于合作模式治理方面，刘雪梅<sup>[8]</sup>选择联盟组合作为研究对象，通过对联盟的形成过程进行分析，得出焦点企业需要建立治理机制来完成联盟战略组合目标。孙国强<sup>[9]</sup>研究了网络组织的形成与演化，给网络治理提供了结合网络合作的视角。李广乾和陶涛<sup>[10]</sup>在平台生态化趋势下构建平台治理体系，并提出了 4 条加强平台治理的政策，为平台生态合作的相关治理行为提供理论指导。

## 1.2.2 平台与 4PL 平台

4PL 平台和平台最大的区别就是，平台是一个大的概念，而 4PL 平台是其在物流行业的细分。所以，先对平台做研究综述，再对 4PL 平台进行综述。

### (1) 平台的研究

平台在新经济时代的产业组织形式中占据重要地位，互联网等信息技术推动着平台向前发展，其概念随着时代的发展有不同的内涵，Armstrong<sup>[11]</sup>从网络外部性的角度出发，将其定义为连接双边市场而且为双边市场提供服务的中介。Boudreau<sup>[12]</sup>在 Armstrong<sup>[11]</sup>的基础上进行延伸，将其定义为是能够在不同产品族中通用的部件。

关于平台早期的研究发现大多企业的目的是，选择通过延迟差异化战略情况下形成的产品开发平台来生产丰富的产品，其中延迟差异化即是指将工艺或渠道中产品差异点向后延迟，既能够满足多样化需求，又能够实现大规模生产，来完成对多种产品部件、半成品的共享流程和工艺的加工<sup>[1]</sup>。而云计算领域的平台层（Platform as a service, paas）是计算与软件工具资源的配置平台，同样反映着产品平台的发展。产品开发平台由模块化理论、核心能力理论、品牌生命周期理论为基础，结合了案例研究、建模仿真等方法，利用构建基础共享模块来处理大规模生产与客户定制的矛盾，通常包括平台内涵、设计、实施和绩效等议题<sup>[13]</sup>。

目前主要是针对平台的双边市场特征而进行研究。在大数据等现代信息技术快速发展过程中，基于互联网的平台企业的应用领域较之过去得到了快速的发展，在出行、社交、搜索、电商等行业占据着重要地位。平台的研究内容由平台竞争战略<sup>[14-15]</sup>、企业平台化转型<sup>[16-17]</sup>、平台领导权获取<sup>[18-19]</sup>、平台治理机制<sup>[20-21]</sup>、平台定价<sup>[22-28]</sup>等组成。

在平台竞争战略研究中，孟昌<sup>[14]</sup>将 B2C 网络平台作为研究对象，构建了平台竞争理论分析的框架，通过研究表明交易费和匹配技术是影响 B2C 平台策略选择的主要因素，并且主要影响平台实施双边用户注册收费制的是交叉网络外部性。刘会新<sup>[15]</sup>在研究平台竞争过程中，从平台基础服务、增值服务、商家服务等方面分析服务质量对平台竞争结果的影响，通过研究表明提升服务质量会提升双边用户的规模和平台利润；如果平台企业的基础服务权重较小，平台更应该着手改善商家的服务质量。

在企业平台化转型研究中,朴庆秀<sup>[16]</sup>选择沈阳机床集团作为研究对象,特别是涉及制造企业转向平台化方面展开深入研究,研究表明若能构建智能制造技术、免费硬件策略以及终端布局策略则会企业平台化转型成功,反而无法转型成功。甘卫华<sup>[17]</sup>利用演化博弈理论,构建关于货运为主业的中小企业向平台化转型的演化博弈模型,分析研究表明,当双方选择联合运营转型获得的额外收益越大,双方向该策略转型的概率就越大,并且在转型过程中会有一个收益分配比例使得该概率最大。

关于领导权获得的研究,罗珉<sup>[18]</sup>首先将平台领导定义为是平台的创建者和生态的协调者,其次将平台领导的实质选择权分为五种基本类型,且从选择权的定义、价值形态和便捷条件来概括,最后认为构建和运用领导实质选择权的核心是“杠杆”、权变和价值专属逻辑。张镒<sup>[19]</sup>在研究商业生态系统中平台领导力的影响因素中,其选用的研究对象为四家互联网平台企业及其构建的商业生态系统,运用的研究方法是扎根理论,实验数据来自于走访企业中非正式访谈和实地调研,通过平台企业在生态系统中扮演的缔造者、领头羊、协调者、编排师四种角色分析得出结论,即架构基础、连接协调、创新引领及整合扩展是平台领导力的主要影响因素。

平台是平台经济的基础,而平台治理是确保平台有序健康发展的前提,所以平台有序健康的发展也会促进我国平台经济的向前发展。根据以往文献对平台治理的研究中,张顺<sup>[20]</sup>的实证研究主要围绕跨境电商平台的治理,通过构建 Logit 模型分析影响跨境电商平台有效监管的因素,其研究结论为通过技术支撑为主线,以数据驱动为核心、虚拟与实体治理有效融合为目标来实现平台治理机制。汪旭辉<sup>[21]</sup>的案例研究主要围绕着平台型网络市场中的“柠檬问题”的形成和治理展开的,其研究结论为“柠檬问题”产生的主要原因是信息的超载和衰减及投机导致的不对称,而针对于该问题的治理机制是“市场治理-平台治理-行政治理”三元的复合模式。

供需双方的用户规模会影响各自的效用,所以对于平台运营方来说如何制定定价策略是个关键问题,学者们主要从价格弹性和用户参与的角度来研究定价问题。从价格弹性的角度对定价展开的研究,Amstrong<sup>[11]</sup>继续采用 Hotelling 竞争模型,发现交叉网络外部性对于竞争性平台的定价策略来说是影响其价格结构和



弹性中最重要的因素。王先甲等<sup>[22]</sup>研究用户分配的过程中,其选用的研究对象为有差异性的竞争双边市场,通过构建两阶段的双边平台竞争模型,通过研究表明网络外部性只有在考虑平台利润最大化时才影响买者参与的人数,在考虑社会福利最大化的条件下,网络外部性并不影响买者参与的人数。张千帆<sup>[23]</sup>以平台用户多归属为前提,主要是对交叉网络外部性、平台差异性以及边际成本等对平台定价造成的影响性研究,通过构建双寡头的竞争模型来完成研究,分析结果显示平台的交叉网络外部性较大时,两个平台对用户的定价与平台的差异性成正相关关系,与边际成本也是正相关关系。曲振涛等<sup>[24]</sup>的研究对象是电子商务平台,采取构建横向差异化竞争模型,其结果表明互联互通和模块化经营能有效减少由于网络外部性因素引起进入市场的壁垒;曹俊浩等<sup>[25]</sup>在研究自网络外部性分类及其强度研究,其选用的研究对象为 B2B 垄断平台,通过分析得出结论,即双边用户的自网络外部性始终给平台带来负面效应。从组内外部性的角度研究定价,郭三党等<sup>[26]</sup>研究内容为合理的定价对团购网站造成的影响性研究,通过构建不同市场结构下网络团购双边用户的定价模型,分析结果显示组内网络外部性影响着团购网站,当组内网络效应较小时,团购网站在保证自己利润最大时让双边用户单平台接入,当组内网络效应较大时,团购网站可以采取双边用户多平台接入的市场结构。程贵孙等<sup>[27]</sup>选择双边市场作为研究对象,特别是涉及到组内网络外部性方面展开深入研究,研究结果表明组内外部性对市场定价在双边用户是在单平台接入市场结构还是多平台接入的影响是不同的,即双边市场的用户价格受厂商组内网络外部性的强度影响较大。丁雪峰<sup>[28]</sup>通过对双边平台定价策略的研究,明确了其主要研究的是在服务供方存在组内强外部性的情况下,他认为组内外部性对平台收益具有很大的影响,但是组内外部性的大小和数量决定了供需双方对平台利润的贡献比。

## (2) 4PL 平台的研究

第四方物流平台(以下简称“4PL 平台”)拥有着出色的供应链资源整合能力,其发展速度较快,所以以菜鸟网络为代表的 4PL 平台成为学术界的热门研究对象。学者围绕 4PL 平台的供应链融资模式、4PL 平台利益分配、4PL 平台价值等展开研究。其中,徐鲲<sup>[29]</sup>凭借对供应链融资模式的研究,明确关于 4PL 平台下供应链融资模式及收益分配的研究方向,他认为在电商背景下的供应链融资模

式 4PL 平台的信息整合功能占据重要地位，若有合理的分配机制则能够实现平台稳定的发展。张莹<sup>[30]</sup>分析了 4PL 平台当前存在的问题，并选择 4PL 平台内企业的利益分配现状作为主要研究内容，通过建立模型发现 4PL 平台利益分配的影响因素大致包括资源共享度、关系亲密度、资源整合能力、信息处理能力和方案设计能力等五个方面，从根源角度来制定出有利于 4PL 平台长远稳定发展的科学对策。桂馨<sup>[31]</sup>在研究如何创造新价值的过程中，通过构建价值评价指标体系，采用突变级数法对 4PL 平台进行实证分析，研究结论表明在 4PL 平台基本交易中产生了基本价值，4PL 平台根据用户使用后产生的数据等开发新的内容而产生了延伸价值，拓展价值是在基本价值和拓展价值的基础上实现的。

### 1.2.3 平台生态系统

商业生态系统中在 2004 年首次出现平台这一名词，其作为“基于一组接口，生态系统得到解决问题的措施”的定义存在<sup>[32]</sup>。从这个角度出发，合作伙伴能够将平台视为基本功能组件进行自己产品的构建。因此，“平台”这个定义的出现完善了合作伙伴的互动方式<sup>[33]</sup>。相关专家明确表示，平台生态系统是以焦点组织拥有为核心的技术平台所构建的，使用者、广告商以及内容制作商等几个市场主体通过这些技术平台被联系在一处<sup>[34-36]</sup>。除此之外，有研究者提出，平台生态系统能够被视作一个多边市场，通过两个或者两个以上的用户群体互相作用，使得他们自己与平台形成并互换价值<sup>[37]</sup>，还有另外一种看法是其本质上是一个半监管的市场，基于平台赞助商的协调与引导来推动创业活动的举行。Adner 与 Kapoor 提出，平台生态系统是企业之间战略互动的新型模式<sup>[38]</sup>，其中，用户量作为资源，是主要的内容之一<sup>[39]</sup>。平台生态系统直观反映出相辅相成的企业间所存在的经济关系的特定结构<sup>[40]</sup>。在平台生态系统中，平台领导企业发挥着不可替代的作用，且是绝大部分研究者所高度重视的内容。Gawer 和 Cusumano<sup>[41]</sup>研究了生态系统的构成和形成路径，表示产业生态系统是可以被平台领导者构建的，而不是简单的各种产品组合。

关于平台生态系统的研究，学者主要集中于平台生态系统构成、演化机理、系统价值创造等方面。董津津<sup>[42]</sup>在研究平台生态系统形成、融合和治理机制的过程中，其选用的研究视角是技术创新，选用的研究对象为海尔 HOPE 和 Built In

平台生态系统，使用的研究方法是多级编码和案例，通过分析得出结论，即技术互补性、溢出效应即创新市场需求会推动平台生态系统的形成，平台生态系统的融合需要技术创新，而且技术创新能够达到平台治理的目的。王慧颖<sup>[43]</sup>以传化物流为研究对象，研究物流信息平台生态系统演化机理，发现演化的核心因素是企业的吸引力、技术、利益、资源等，而其信息平台商业生态系统会经历过开拓、成长、成熟三个阶段。石海瑞等<sup>[44]</sup>在研究平台生态系统演化的过程中，使用系统动力学建模和因果回路图，通过分析得出结论，网络效应对于平台生态系统在成长期有着重要意义，此时平台领导者采用补贴政策来激活网络效应，而当平台生态系统进入到成熟期时，平台领导者面对的问题变多，需要从多方入手进行治理。万兴等<sup>[45]</sup>通过对数字平台系统价值共创的研究，明确了自己的研究方向，他提出了平台生态系统的价值共创和其他组织形式下是不同的，比如需求方在整个价值共创中有着重要意义，价值共创的基础是互补性，架构设计和平台治理的协调能够保证平台生态系统的价值共创。宁连举<sup>[46]</sup>选用的研究对象是平台生态系统，研究内容为用户契合和用户价值体系形成的相关性研究，分析结果表明用户契合下的交易行为、广告行为、分享行为和共创行为对于用户价值体系具有驱动作用。王新新等<sup>[47]</sup>认为主流的价值共创理论已经无法满足数字时代以平台生态系统为载体价值创造复杂性的需要了，于是根据复杂适应系统理论，表示价值涌现是平台生态系统价值创造的新模式，其中，价值涌现的载体是平台复杂适应系统，而且价值创造过程是复杂的，因为会受到各个子系统之间的影响。戴勇<sup>[48]</sup>在研究平台生态系统如何有效内部治理的过程中，其选取的研究对象是 12 家平台组织，使用的研究方法是扎根理论和模糊集定性比较分析，通过分析得出，即平台技术投资、生态系统开放度、平台领导力、控制机制是影响内部治理的主要变量，而且单一变量对平台内部治理的效果较弱，需要综合组合才能实现高效治理。

#### 1.2.4 文献述评

上述研究综述表明，目前文献针对企业间的合作和平台方面的研究比较多，但很少涉及到 4PL 平台生态系统方面的研究。

(1) 对 4PL 平台生态系统缺少系统的研究。迄今为止虽然有很多关于物流平台的研究，但都是针对某个具体方面特性展开研究，对 4PL 平台的研究不是很

多,同时现有文献对平台生态系统的研究比较充分,但对 4PL 平台生态系统的研究少之又少。

(2) 对 4PL 平台生态系统中成员间合作很少有通过构建演化博弈模型实现动态化的研究。

(3) 对考虑 4PL 平台赋能成本的定价策略缺乏研究。现有文献中关于双边平台定价研究很多,体现了平台定价在平台治理中的重要性,例如考虑交叉网络外部性、价格弹性等因素对定价的影响,但目前很少有把赋能成本引入到 4PL 平台定价策略研究中来。

## 1.3 研究内容及结构

### 1.3.1 研究内容

针对目前 4PL 平台生态合作及定价策略研究的不足,进而确定本文研究内容如下:

(1) 4PL 平台生态系统模型的构建。在第一个研究内容中首先分析 4PL 平台是如何产生的,接着以商业生态系统理论为基础,通过分析 4PL 平台生态系统的内涵,构建由 4PL 平台核心层、服务层以及环境层按照圈层的关系组成 4PL 平台生态系统,然后再通过分析 4PL 平台生态系统形成和发展中可能面临的问题,以此形成 4PL 平台生态系统的分析框架。

(2) 4PL 平台和物流服务提供商合作演化博弈研究。第二个内容结合物流服务提供商和 4PL 平台合作时面临的订单分配不合理、丧失行业话语权等合作冲突的问题,对 4PL 平台和物流服务提供商之间合作模式的演化进行分析。以往关于企业间合作从传统到生态的研究,大多都是静态的,很少有从演化博弈的视角去动态的研究,并且少有通过系统动力学进行仿真分析,而通过演化博弈可以研究双方行为的存在性和演化稳定策略,通过系统动力学能够定量分析相关因素的影响路径。于是基于双方非完全理性假设,构建双方合作演化博弈模型对双方的演化稳定策略及均衡点进行分析,并基于系统动力学进行模拟仿真。将演化博弈和系统动力学结合起来,有助于对 4PL 平台和物流服务提供商的动态演化及演化的影响因素进行研究。

(3) 考虑赋能成本的 4PL 平台定价策略研究。第三个内容就是在生态系统发展的不同阶段, 研究 4PL 平台的定价策略。现有文献主要研究的是组间网络外部性、需求价格弹性、跨组外部性等因素对双边平台定价的影响, 模型引入赋能成本的概念, 并以 4PL 平台生态系统为研究背景, 从而确定了研究 4PL 平台的赋能成本对平台向物流服务需求方和物流服务提供商收取的服务价格、平台利润、物流服务需求方和提供商的最优剩余以及 4PL 平台生态系统发展的影响。

### 1.3.2 技术路线图

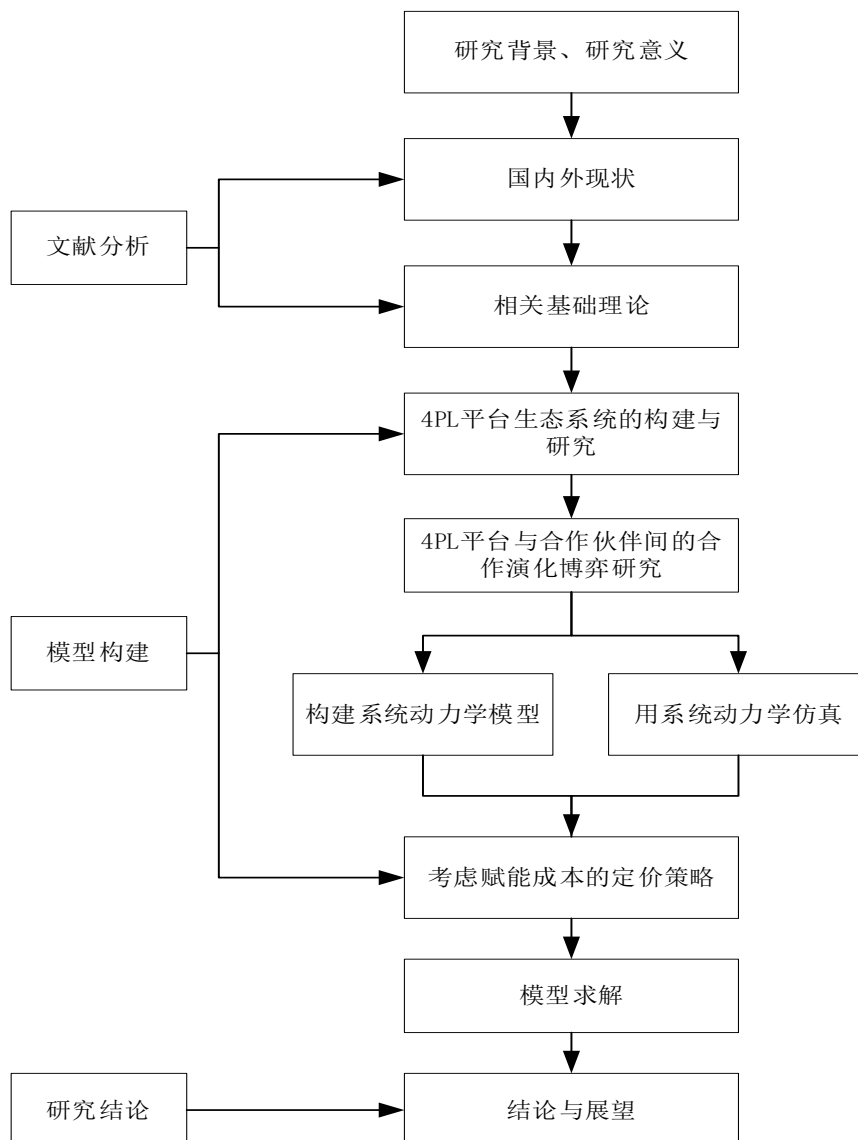


图1.1 技术路线图

### 1.3.3 论文结构

第一章：引言。本章介绍了论文的研究背景及意义。引出建立 4PL 平台生态系统模型的重要性，分析了企业间合作关系、平台与 4PL 平台、平台生态系统的研究现状，进而确定了本文的研究内容、技术路线图、以及创新点。

第二章：相关理论介绍。介绍了商业生态系统理论的概念、特征、结构，演化博弈理论和系统动力学理论的基本思想和流程，对下文开展研究奠定了理论基础。

第三章：4PL 平台生态系统模型的构建与研究。首先分析 4PL 平台是如何产生的，接着以商业生态系统理论为基础，构建以核心层、服务层、环境层为基础的 4PL 平台生态系统，最后再通过分析 4PL 平台生态系统发展中可能面临的问题，以此形成 4PL 平台生态系统的分析框架。

第四章：4PL 平台与合作伙伴间的合作演化博弈研究。本章将结合演化博弈理论，构建双方合作演化博弈模型，通过对双方的演化稳定策略及均衡点进行分析，最后基于系统动力学构建双方合作实现演化博弈 SD 模型，运用 Vensim PLE 软件进行模拟仿真来刻画双方初始行为策略的演化稳定策略以及超额收益、损失成本、额外成本等因素对双方行为策略选择的影响。

第五章：考虑赋能成本的 4PL 平台定价策略研究。本章针对 4PL 平台生态系统中 4PL 平台、物流服务提供商、物流服务需求方三方主体，研究考虑赋能成本的定价策略，推动 4PL 平台生态系统可持续发展。

第六章：结论与展望。本章主要总结了论文的研究结论及成果，在此基础上指出了本文在研究中的不足之处，并给出了该领域未来可能的研究重点。

## 1.4 创新点

本文的创新点如下：

(1) 基于商业生态系统理论，构建了由 4PL 平台核心层、服务层以及环境层的按照圈层关系组成的 4PL 平台生态系统模型。由 4PL 平台企业、物流服务提供商、物流服务需求方三类主体组成平台核心层；由政府部门、金融机构、中介机构等公共服务和技术支持组织组成的服务层；环境层主要有政治、经济、文

化、法律等给核心层主体的生存和发展带来影响的宏观因素。

(2) 研究 4PL 平台和物流服务提供商的合作演化的问题。已有文献并没有去动态的研究二者间合作演化的问题,在此运用演化博弈理论,构建了 4PL 平台和物流服务提供商演化博弈模型,研究 4PL 平台和物流服务提供商的动态行为决策,以及相互影响的演化机理。

(3) 在 4PL 平台生态系统下考虑赋能成本的定价策略研究。已有文献对双边平台定价及其影响因素做了研究,但少有将赋能成本考虑到 4PL 平台定价的研究中来。因此,本文将 4PL 平台的赋能成本引进来,即 4PL 平台通过投资大数据等现代信息技术,提供高质量的服务,帮助供需双方提高交易效率,减少物流成本,研究赋能成本对 4PL 平台定价、利润、物流服务需求方和提供商的最优剩余、4PL 平台生态系统发展的影响。

## 1.5 本章小结

本章解释了论文的研究背景及意义,确定了本文的研究对象与范围,对现有文献进行综述,包括了企业间合作、平台与 4PL 平台、平台生态系统三个方面,利用文献述评发现了论文研究的切入点,即从商业生态理论视角研究 4PL 平台生态合作及定价策略,并且阐述了论文的主要研究内容、技术路线、论文结构和论文的创新点,奠定了本文研究的基本逻辑框架。

## 2 相关基础理论

文章主要对 4PL 平台生态系统构建、4PL 平台和物流服务提供商合作演化博弈研究、考虑赋能成本的定价策略进行研究，因此本章首先对商业生态系统理论进行简介，然后在研究过程中所使用的演化博弈论以及系统动力学理论进行阐述，为后续研究奠定理论基础。

### 2.1 商业生态系统理论

本节内容主要是从多个角度分析和介绍商业生态系统，分别包括：商业生态系统的概念、特征以及结构等。

#### (1) 商业生态系统的概念

詹姆斯·弗穆尔 (James F. Moor)<sup>[49]</sup>的《新的竞争生态》最早明确了商业生态系统的定义。他提出，现代企业不能被看作是独立存在的个体，应当将其看做是整个商业生态系统的一部分，企业之间并不是只有竞争关系，合作关系也是同样存在的；紧接着他<sup>[50]</sup>又出版了《竞争的衰亡：商业生态系统时代的领导与战略》一书，从本质上来看，商业生态系统是“受个人或组织共同影响后产生的经济联合体”，他强调企业在制定和实施战略时需要正确意识到企业生态系统并非独立存在的，并且其整体性和共同性在发展中发挥的作用，除此之外，企业自身也能有效推动商业生态系统的发展进程。

#### (2) 商业生态系统的特征

商业生态系统的发展主要以生态学、社会学理论为依据。商业生态系统和生态学的共性与个性是相通的，这种开放性系统拥有着复杂多变的基本特征。

##### ① 网络性

在詹姆斯看来，商业生态系统是由无数个节点共同构成的集成网络，其基本特征包括：自组织、周期性、演化性、开放性、共同进化、企业生态位、内部与外部集成化。

##### ② 复杂性

生态系统包括无机物与有机物，商业生态系统也并不例外，各个类型的商业公司和组织组建成完整的商业生态系统，在相互连接的同时给彼此的行为造成影



响。詹姆斯认为所有的参与者都不是独立存在的，不同参与者间存在合作或竞争关系，提高彼此的生存能力。在商业生态系统中，由于存在着大量不同的参与者，且每个参与者的复杂性较为显著，导致商业生态系统的结构受其影响也是复杂的。

③适应性

由于商业生态系统的复杂性，所以系统内各主体交流的同时，会相互学习借鉴，不断适应动态环境，按照环境的实际情况来进行自我调节与完善，在面对恶性竞争的过程中逐渐形成“共赢”的竞争合作关系，这也反映出商业生态系统的优势。

(3) 商业生态系统的结构

杨忠直<sup>[51]</sup>的《企业生态学》中构建了商业生态系统的宏观结构，在他看来商业生态系统主要分成空间结构、时间结构、价值结构等多个不同的宏观结构，产品市场与要素市场构成了企业的生存空间，由生存空间衍生的生存链与生存网在商业生态系统发展的各个阶段都非常重要，想要实现市场价值的提升就应当从生存网拓展与生存链创新两个方面入手。

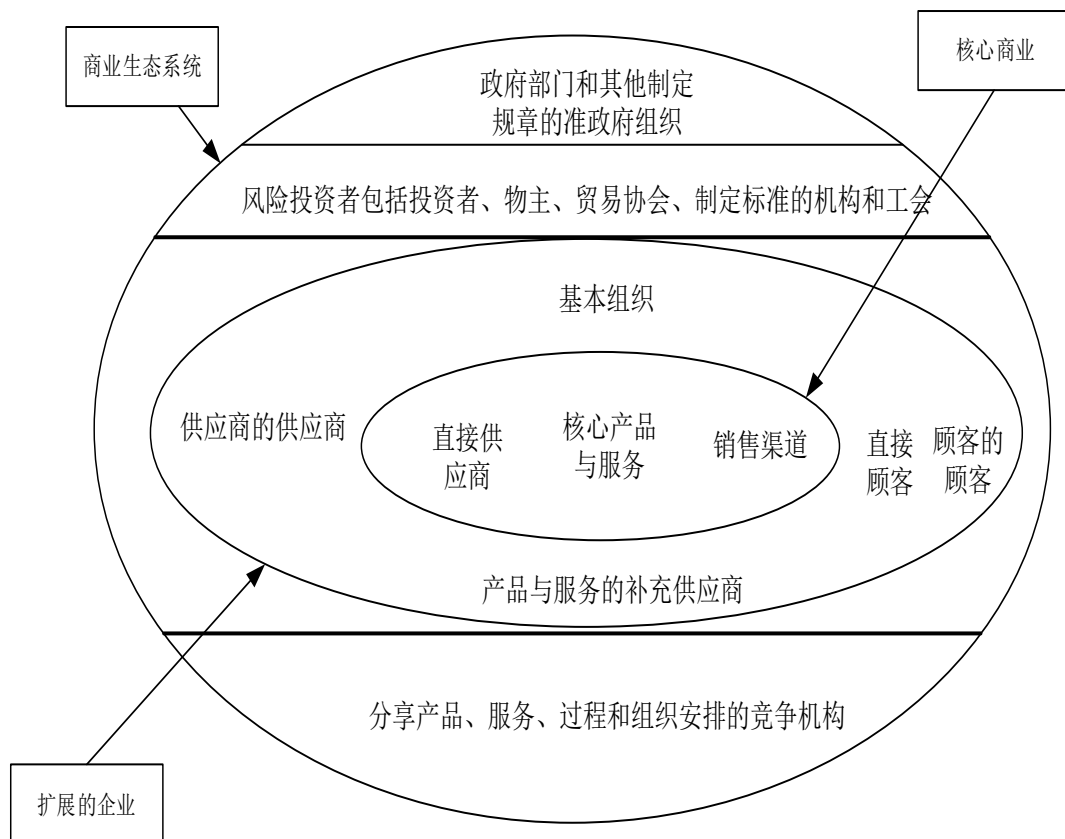


图2.1 商业生态系统结构图<sup>[51]</sup>

## 2.2 演化博弈理论

演化博弈论是在传统博弈论的基础上,对人的完全理性进行了考虑,可是就实际而言,人的完全理性是无法做到的,该假设条件不能完全成立。美国的凡勃仑<sup>[52]</sup>认为新古典主义中的理性思维完全没有考虑到人类本身行为活动的复杂性与多变性,这显然是不严谨的,在凡勃仑的基础上 Arrow<sup>[53]</sup>将有限理性的概念进行明确,与此同时决策管理学说的代表人物 Simon<sup>[54]</sup>出版了《管理行为》,他将有限理性假设的概念进行了界定。演化博弈论由博弈论延伸发展而来,可将其理解为一种更具创新性的博弈论类型,该理论的雏形是在 Fisher<sup>[55]</sup>等遗传生态学家对动物和植物的冲突与合作行为的博弈分析,1978年 Maynard Smith<sup>[56]</sup>用博弈论对动物间发生的有限冲突进行解释,这也是最早出现的演化博弈论。

演化博弈论与经典博弈论的区别在于:首先经典博弈论是两个个体,而演化博弈的研究对象是个体组成的群体;其次经典博弈论中个体的决策是指行为,但是对于演化博弈论来说,其个体的决策不论是行为还是单个个体的表现型均可,如身体的体重(胖或瘦);最后演化博弈中的关键因素是时间,由于在演化博弈中更加注重系统的动态发展,任何参与博弈的主体都会因为时间的变化而选择适当改变原本的策略,致使其保持在稳定均衡的状态下。

演化稳定策略(Evolutionarily Stable Strategy,ESS)描述的是假如一个群体中所有个体都选择该策略时,并且该策略的稳定不会受小部分突变策略的影响。演化稳定策略的概念在演化博弈论中很重要,虽然这个概念是“静态”的。它不会涉及到博弈动力学的具体内容,因为演化稳定策略只想要表现出更好的策略,即有更快的增长速率。

复制动态方程表示某一个种群中采用某一策略个体在群体中的占比因时间变化而出现的变动,若该变化率为正数,则意味着选择这项策略的个体不断变多,同理,若该变化率是负数,则意味着选择该政策的个体数不断变少,对应的选择其他策略的个体数将会变多。复制动态方程式的公式原理如(2-1)所示,选择策略*i*的个体数量变化情况为:

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i(L_i - \bar{L}) \quad (2-1)$$

其中  $x_i$  是指在某一群体中选择纯策略  $i$  的个体数占群体内个体总数的比值,

$\frac{dx_i}{dt}$  即选择纯策略  $i$  的比值对应时间的导数, 也就是个体比例随时间的变化速率。

$L_i$  即选择某一策略  $i$  时个体实现的期望收益,  $\bar{L}$  即博弈群体的平均期望收益。复制动态方程的正负情况则对应个体比例因时间变化而增大、减小、不变。

群体、动态、均衡、收益矩阵组成了演化博弈。演化博弈选择群体作为研究对象, 群体可继续拆分成若干相互独立的个体。群体内个体的策略选取并不相同, 也意味着收益会存在一定的差异性, 所以在不同策略的收益组合之下, 群体会形成收益矩阵。从实际上来看, 演化博弈是一个时刻都维持学习状态、维持升级状态的动态过程, 最终系统会演化至相对稳定的状态, 也就是所谓的“均衡”, 只不过稳定状态也有静态稳定和动态稳定的区别。

演化博弈分析的基本流程为: 首先是第一步, 建立参与演化博弈每个群体的策略选择与收益矩阵: 对各个种群的初始策略选择与比例进行确定; 对各个种群由于策略选择而产生的收益进行明确; 全面、系统的分析一切种群由于不同策略选择形成的期望收益和平均期望收益; 其次是第二步, 给出复制动态方程, 按照期望收益与平均期望收益来生成不同种群策略选择在不同时间阶段的复制动态方程; 接着是第三步, 对复制动态方程进行求解, 以此来制定系统均衡策略; 最后是第四步, 分析得到的每一条均衡策略, 并确定最终采用的最稳定可靠的均衡策略。

## 2.3 系统动力学

系统动力学 (System Dynamics), 以下简称 SD, SD 在解决非线性、高阶次、多反馈的复杂问题时会运用系统、控制、决策、电脑仿真等不同学科的知识内容, SD 根据系统的观点来探讨不同领域的事物发展规律, 对系统内部各要素之间的反馈关系与动态变化进行分析, 主要涉及的领域包括经济、生态、社会、管理等。

SD 建模由四个环节构成: 第一步, 明确系统边界和要素。找准研究目的。SD 在分析系统内的不同要素时, 为避免外界因素对其造成影响, 应当清楚具体的研究问题, 以便于厘清对应的研究要素及其建模的系统边界; 第二步, 设计因果回路图, 完成系统结构性建模: 在确定系统边界的同时还要明确各相关变量,

且将不同变量的类型准确描述,涉及的变量类型包括水平变量、速率变量、辅助变量以及常量。其中,水平变量(即状态变量、积累变量),即系统内某要素受时间影响而产生的积累量,本研究选择使用某策略的个体在总数中的占比数值作为水平变量。速率变量(即变化率),能够用来描述状态变量的变化速度,一般分为流出、流入两种状态,所以状态变量在速率变量发生变化时也会发生改变。将变量类型明确的同时对不同变量的相关性进行研究,一般以因果关系或反馈回路的形式呈现。其中,因果关系用箭头来描述,如果箭头是从 A 变量指向 B 变量,那么这个 A 变量和 B 变量分别为自变量和因变量, B 变量将会因为 A 变量变化而变化。SD 模型中的因果关系均存在其极性,如果已标注“+”,则意味着 B 会受 A 影响而发生同向变化;如果已存在标注是“-”,则意味着二者将会发生反向变化,在 A 增加的同时 B 反而会减少。不同因果关系相互作用,共同产生一个回路,各回路的极性主要取决于回路中各链条的极性,若链条极性是负的,那么链条个数是奇数,回路极性也是负的,反之同理。第三步,形成系统动力学存量流量图,以因果关系回路图为基础,给不同变量提供对应的方程式,例如微分方程、因果关系式、参数值等。由速率变量作为状态变量的导数,而速率变量的方程式则作为演化博弈模型的复制动态方程式,用来体现某一策略个体在群体总数中占比的变化速度。最后一步,仿真模拟,通过仿真软件来完成 SD 模型仿真,且研究不同影响因素和系统决策之间的相关性。

## 2.4 本章小结

本章重点阐述了 4PL 平台生态系统的理论基础,包括商业生态系统理论、演化博弈理论、系统动力学理论,对于这些理论的概念、流程等进行了细致的回顾和分析,为下文深入研究奠定了理论基础。

### 3 4PL 平台生态系统的构建与研究

前文阐述了与本文的相关理论与文献。在“互联网+”战略提出后，平台经济较之过去得到了发展，也推动了平台模式在物流领域的进程，为 4PL 平台的产生奠定了基础，而数字化、网络化的背景下，环境的不确定性对 4PL 平台来说是巨大的挑战，因此急需在日趋激烈的市场竞争中找到商业模式创新的方向以获得持续竞争优势。本章首先分析 4PL 平台是如何产生的，接着以商业生态系统理论为基础，构建以核心层、服务层、环境层为基础的 4PL 平台生态系统，最后分析 4PL 平台生态系统发展中可能面临的问题，以此形成 4PL 平台生态系统的分析框架。

#### 3.1 4PL 平台的产生

在企业对管理技术和核心竞争力重视的同时，一方面，企业为了提升供应链的效率和专业化水平开始关注供应链上下游的分工与协作，但这就需要整合更多的物流资源，才能使物流服务水平达到新的高度；另一方面，在物流管理技术水平提高的过程中，物流企业内部的设计、协调、运作等功能的市场化分工较之过去得到了发展，专业化水平较之过去得到了快速的发展，所以提高了物流企业的专业化程度。于是第四方物流企业（4PL）出现了。

在互联网信息技术和服务技术水平及社会分工深化发展的过程中，打破了原有产业中资源分布格局，于是出现了新的交易规则，给市场形态带来影响，从原来的单边市场形态演变为双边市场，而能够给双边用户提供各种服务组合的双边市场平台，其实也是从流通领域细化发展来的<sup>[57]</sup>。周德良<sup>[58]</sup>在研究平台组织的产生动因和最优规模的过程中，其研究结论为互联网和信息技术进步是平台组织产生的原因，而在其他条件不变的情况下，要想平台规模实现最优，必须保证外部经济所产生的边际成本等于外部经济所产生的边际收益。

对于物流业而言，物流分工效率是分工收益和协调成本的比值，分工效率的提高可以推进物流分工的演进，而物流分工的演进其实就是物流从企业分散活动慢慢变成物流服务供应链<sup>[59]</sup>。在服务技术、互联网信息技术发展的过程中，物流服务劳动分工较之过去得到了深化发展，对于物流市场来说，逐渐从分散的单边

市场形态演变为聚集规模经济的双边市场形态，于是服务于双边市场的 4PL 平台出现了。

## 3.2 4PL 平台生态系统的内涵与结构

### 3.2.1 4PL 平台生态系统的内涵

安德森咨询公司将 4PL 定义为“一个调配和管理组织自身的及具有互补性的服务提供商的资源、能力、技术，来提供全面的供应链解决方案的供应链集成商”<sup>[60]</sup>，而 4PL 平台是以具有物流全产业链优势，积极尝试建立数据驱动第三方物流公司的协作平台，例如菜鸟网络等均为典型的 4PL 平台。

所谓生态系统是指在一定时间与空间范围内，由物种、种群、群落与自然环境构成的、相互作用、相互影响、相互依存的有机整体<sup>[61]</sup>。同理，本文认为 4PL 平台及其相关主体的组成也是一个生态系统，同样是在一定时间与空间范围内，由大量相关物种组成，包括物流服务提供商和物流服务需求商、各类物流核心企业、物流相关服务提供者和物流服务支持组织等构成的有机整体。

其中，4PL 平台是 4PL 平台生态系统的领导者和协调者，一般不参与物流的具体运作流程，但它不仅承担着为供需双方提供云计算、信息匹配的角色，而且还通过上述的核心服务吸引供需双方及其他参与方聚集，提供云计算等技术就是 4PL 平台对供需双方的赋能成本；物流服务提供商是指拥有物流服务能力，能够提供运输、仓储、配送等具体业务的物流企业，当然也包含物流集成商；物流服务需求者主要是指顾客，有可能是个体，也可能是电商平台、制造商等；物流其他服务提供者由物流基础设施建设主体、物流信息服务辅助主体、物流金融服务提供方等组成，主要提供物流活动以外的相关服务；支持组织主要是向 4PL 平台生态系统中的核心主体提供所必须的环境和条件，帮助完成物流活动，如为了实现良好的市场环境、缩减物流运作的成本、提高物流服务水平需要国家、地方政府的交通运输部门、市场监管部门等推行相关政策、法规落地，国家、政府地方政策法规制定机构从国家宏观治理角度出发制定和出台的税收制度、财政政策、经济政策、金融政策、知识产权相关法律法规政策，支持组织所提供的环境和条件对 4PL 平台生态系统健康持续发展有重要意义。

### 3.2.2 4PL 平台生态系统的结构

4PL 平台生态系统是由若干物流主体、物流服务支持主体等要素组成，所以可以认为 4PL 平台生态系统相当于自然界中的生态系统，由大量物流物种组成，包括物流服务需求方、物流服务提供商以及物流其他服务者，如物流企业，金融机构、中介机构等；信息、物质、能量和物流资源在物种或种群与平台要素之间传递和交换，构成一个完整的 4PL 平台生态系统。

我们将上述主体划分在核心层、服务层、环境层等三个不同层次，主要基于供需双方及其他服务主体在 4PL 平台生态系统中有着不同的作用和地位。由核心向外围延伸的三个层次构建成 4PL 平台生态系统。

第一层为核心层：该层代表的是 4PL 平台生态系统的核心价值与目标，由主体（包括 4PL 平台企业、物流服务提供商、物流服务需求方）及其之间的竞争、协作、促进等关系构成。

第二层为服务层：主要有政府部门、金融机构、中介机构等组成了 4PL 平台生态系统的公共服务和技术支持组织。从公共服务的角度来说，主要是给核心层提供与物流相关的其他服务、基础设施服务等，而对于技术支持来说，主要是指供需双方之间对接的技术，包括大数据、云计算等。

第三层为环境层：主要有政治、经济、文化、法律等给核心层主体生存和发展带来影响的宏观因素。

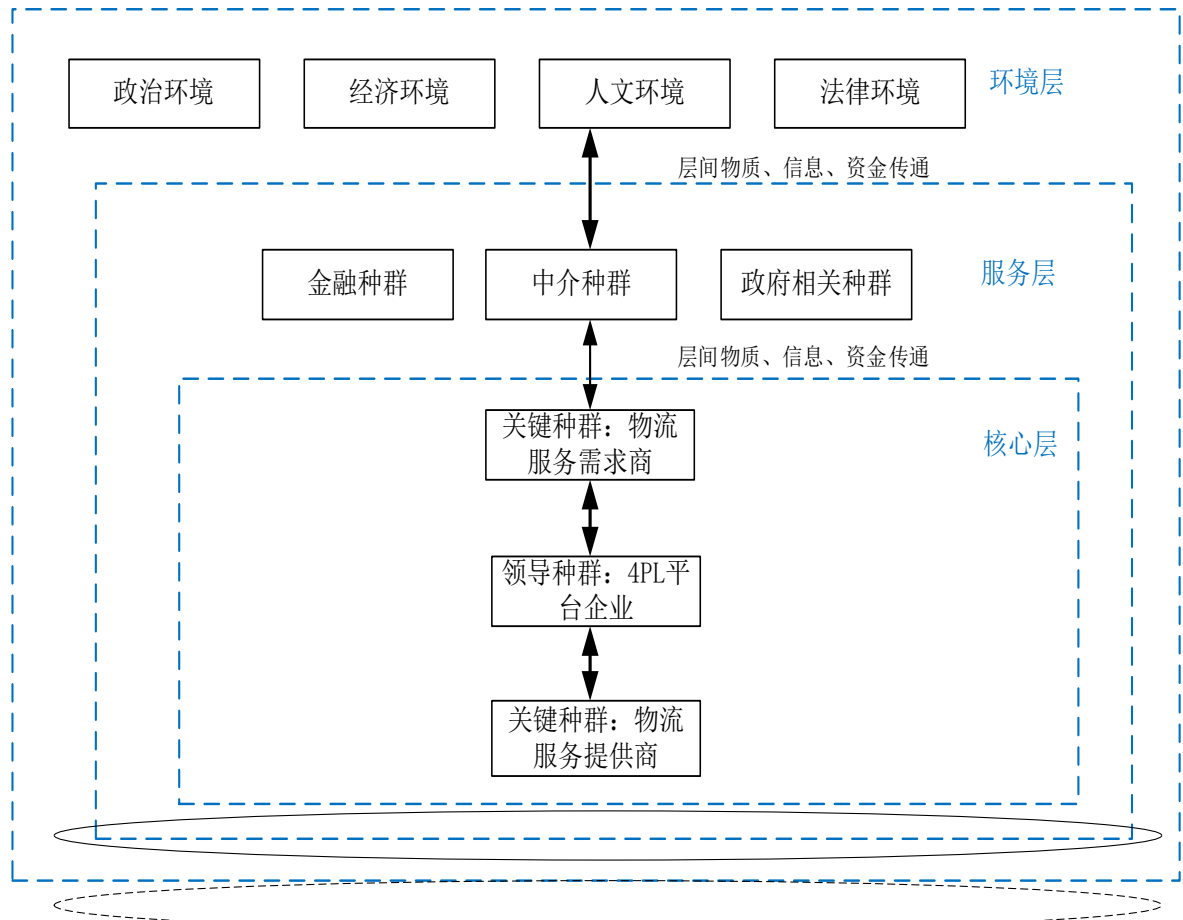


图 3.1 4PL 平台生态系统模型

### 3.3 4PL 平台生态系统分析

为实现平台生态系统可持续发展，需要解决平台生态系统在演化过程中的一些关键问题，石海瑞<sup>[45]</sup>将平台生态系统演化分为成长期和成熟期，成长期关键在于网络效应的激活，而成熟期则需要平台领导者有较高的治理能力。本文的 4PL 平台生态系统主要是指菜鸟网络和电商平台有着完整的用户联系的平台生态系统，所以在石海瑞研究的基础上，考虑到 4PL 平台生态系统目前也只是处于探索阶段，因此将 4PL 平台生态系统的演化分为初创期、成长期、成熟期。

在初创期 4PL 平台首先要了解整个生态系统的运行规律，吸引更多的物流服务提供商加入到 4PL 平台生态系统并和 4PL 平台展开生态合作，这也是本文着重研究的第一个问题。4PL 平台发展到成长期，用户数趋于稳定，此时的 4PL 平台的主要目标逐渐变为提高服务质量以吸引更多的生态系统外的用户进入到 4PL 平台生态系统中，因为服务质量的高低是影响用户是否加入 4PL 平台生态



系统的根本因素，所以在考虑赋能成本的条件下，如何制定行之有效的策略使生态系统外的用户加入进来并使 4PL 平台获得最大利润、4PL 平台生态系统可持续发展是需要着重考虑的问题，这也是本文研究的第二个问题。成熟期的 4PL 平台需要自身不断创新并鼓励平台生态系统中的众多提供商不断创新适应外部环境的变化，以保证 4PL 平台生态系统的持续繁荣，由于论文篇幅优先，怎么去解决成熟期中的问题不作为本论文的研究重点。

### 3.4 本章小结

4PL 平台生态系统是由一个核心层、服务层、环境层构成的系统，核心层里种群关系的优化是实现 4PL 平台生态系统良性发展的前提。本章首先给出了 4PL 平台产生的原因，接着给出了 4PL 平台生态系统的内涵，并分析 4PL 平台生态系统发展中面临的问题，为后续研究奠定了基础分析框架。

## 4 4PL 平台与物流服务提供商的合作演化博弈研究

### 4.1 问题描述

本文研究的 4PL 平台是具有物流全产业链优势，积极尝试建立数据驱动第三方物流公司的协作平台，例如菜鸟网络等均为典型的 4PL 平台。菜鸟网络承担着电商交易平台的物流解决方案，拥有大量的客户。最近几年，互联网技术发展迅猛，为了不被时代所淘汰，物流的发展方向也逐渐转化为模块化、自动化和智能化<sup>[62]</sup>。为了能够应对这样的改变，4PL 平台应当组建动态能力<sup>[63]</sup>，并进行相应的完善和优化，所以 4PL 平台开始构建自己的生态系统。而在平台企业向生态系统发展的初期阶段，物流服务提供商在和 4PL 平台合作的过程中，仍然存在着合作冲突难以消解的问题。如菜鸟网络在和中通等物流服务提供商合作中，物流服务提供商所承担的责任大部分是围绕着配送端进行，此时对于物流服务提供商来说必须把客户资源和配送系统等重要的商业资料和菜鸟网络进行共享，所以在合作过程中，大概率会存在很多问题，如订单分配不均衡、行业话语权丢失等。针对合作中的困境，研究系统如何向生态合作演化，在演化的过程中受那些因素影响，是本文重点研究的内容。

因此，本文将采用演化博弈的方法构建 4PL 平台和物流服务提供商演化博弈模型，研究双方合作中的动态行为决策策略，以及相互影响的演化机理，并通过系统动力学仿真分析研究相关参数（超额收益、额外成本、损失成本）对双方行为决策的影响，从而探究系统演化的稳定状态，为 4PL 平台生态合作提供指导建议。

### 4.2 基本假设和博弈模型构建

#### 4.2.1 基本假设及模型参数

演化博弈模型的参与主体分为 4PL 平台和物流服务提供商。4PL 平台的策略合集为（生态合作，传统合作），物流服务提供商的策略合集为（合作，不合作）。

假设 1: 4PL 平台采用“生态合作”的可能性是  $x(0 \leq x \leq 1)$ , 采用“传统合作”的可能性是  $1-x$ ; 物流服务提供商采用“合作”的可能性是  $y(0 \leq y \leq 1)$ , 物流服务提供商采用“不合作”的可能性是  $1-y$ 。

假设 2: 如果 4PL 平台采用“生态合作”策略, 那么代表合作双方的关系为共生进化, 所以彼此会进行深入的交流, 建立紧密的联系, 4PL 平台和物流服务提供商构建信息和数据的共享体制, 物流服务提供商能够依靠 4PL 平台提供的互联网等先进技术。再者, 4PL 平台将会因此吸引大量的物流服务提供商寻求合作, 以此来实现相应的超额收益  $R_1$ , 而且, 4PL 平台在分享数据、提供技术支持的过程中也会有投资成本, 以及受物流服务提供商不配合等情况构成商业风险, 上述成本均记作额外成本  $C_1$ 。

假设 3: 若 4PL 平台采用“传统合作”策略, 则代表后续的合作关系依旧是浅层次的合作; 4PL 平台和物流服务提供商的合作关系并不够深入, 仅仅是业务合作关系, 通过 4PL 平台对订单业务进行分配, 订单的接收与完成由物流服务提供商进行。此刻, 4PL 平台所得到的收益是  $V_1$ , 由于互联网技术本身就是日新月异的, 从 4PL 平台的角度来看, 其竞争优势难以持久, 领先地位极易被其他 4PL 平台取代, 所以, 4PL 平台若继续采用“传统合作”策略, 将产生损失成本, 记作  $L_1$ 。

假设 4: 若物流服务提供商采用“合作”策略, 带来的是 4PL 平台将会提供更多的订单, 而且 4PL 平台会给予技术支持与数据共享, 使得物流服务提供商在公司运营成本上有所节省, 因此物流服务提供商可实现的超额收益是  $R_2$ , 再者, 物流服务提供商将承受因数据共享而产生的风险, 最终使其行业优势不复存在, 同理, 4PL 平台会对物流服务提供商提出改造要求, 而改造本身也会占用一部分额外成本, 这部分额外成本记作  $C_2$ 。

假设 5: 若物流服务提供商采用“不合作”策略, 则不依靠 4PL 平台可实现的收益是  $V_2$ , 但因为没有得到 4PL 平台的赋能和支持, 特别是相较于那些同 4PL 平台达成合作关系的物流服务提供商, 其竞争优势难以, 受上述影响而形成的成

本记作损失成本  $L_2$ 。

模型参数及含义见表 4.1:

表 4.1 模型参数及含义

变量	含义
$V_1$	4PL 平台采用“传统合作”策略产生的收益
$V_2$	物流服务提供商采用“不合作”策略产生的收益
$R_1$	4PL 平台采用“生态合作”策略产生的超额收益
$C_1$	4PL 平台采用“生态合作”策略产生的额外成本
$L_1$	4PL 平台采用“传统合作”策略产生的损失成本
$R_2$	物流服务提供商采用“合作”策略产生的超额收益
$C_2$	物流服务提供商采用“合作”策略产生的额外成本
$L_2$	物流服务提供商采用“不合作”策略产生的损失成本
$x$	4PL 平台采用“生态合作”策略的可能性
$y$	物流服务提供商采用“合作”策略的可能性

#### 4.2.2 博弈模型的构建

假设：4PL 平台和物流服务提供商采用“生态合作”、“合作”的策略所产生的超额收益是  $R_1$ 、 $R_2$ ，其额外成本分别是  $C_1$ 、 $C_2$ 。假设参数都大于零，那么就可以组建出不同主体在合作关系的收益支付矩阵。

表 4.2 演化博弈收益支付矩阵

4PL 平台	物流服务提供商	
	合作 ( $y$ )	不合作 ( $1-y$ )
生态合作( $x$ )	$(V_1 + R_1 - C_1, V_2 + R_2 - C_2)$	$(V_1 - C_1, V_2 - L_2)$
传统合作( $1-x$ )	$(V_1 - L_1, V_1 - C_2)$	$(V_1 - L_1, V_2 - L_2)$

4PL 平台采用“生态合作”策略的期望收益是：

$$E_{11} = y(V_1 + R_1 - C_1) + (1-y)(V_1 - C_1) = yR_1 + V_1 - C_1 \quad (4-1)$$

4PL 平台采用“传统合作”策略产生的期望收益是：

$$E_{12} = y(V_1 - L_1) + (1-y)(V_1 - L_1) = V_1 - L_1 \quad (4-2)$$

4PL 平台的平均收益为：

$$\bar{E}_1 = xE_{11} + (1-x)E_{12} = xyR_1 + x(L_1 - C_1) + (V_1 - L_1) \quad (4-3)$$

所以，4PL 平台的复制动态方程：

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_{11} - \bar{E}_1) = x(1-x)(yR_1 + L_1 - C_1) \quad (4-4)$$

再者，物流服务提供商使用“合作”策略所产生的期望收益是：

$$E_{21} = x(V_2 + R_2 - C_2) + (1-x)(V_2 - C_2) = xR_2 + V_2 - C_2 \quad (4-5)$$

实施“不合作”策略所产生的期望收益是：

$$E_{22} = x(V_2 - L_2) + (1-x)(V_2 - L_2) = V_2 - L_2 \quad (4-6)$$

物流服务提供商的平均期望收益是：

$$\bar{E}_2 = yE_{21} + (1-y)E_{22} = xyR_2 + y(L_2 - C_2) + (V_2 - L_2) \quad (4-7)$$

物流服务提供商的复制动态方程是：

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(E_{21} - \bar{E}_2) = y(1-y)(xR_2 + L_2 - C_2) \quad (4-8)$$

将式(4-4)和式(4-8)整合后，可以组成一个二维复制动态方程组为：

$$\begin{cases} F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)(yR_1 + L_1 - C_1) \\ F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)(xR_2 + L_2 - C_2) \end{cases} \quad (4-9)$$

## 4.3 演化博弈均衡点稳定性分析

### 4.3.1 演化博弈的均衡点

基于系统复制动态方程组，通过计算求得整个系统内群体博弈演化的均衡点。

因此令  $F(x)=0$ ,  $F(y)=0$ ，所以这个博弈系统的五个均衡点是 A (0,0)、B (0,1)、

C (1,0)、D (1,1)和 O(x\*, y\*)，而且  $x^* = \frac{C_2 - L_2}{R_2}$   $y^* = \frac{C_1 - L_1}{R_1}$ 。

### 4.3.2 演化博弈均衡点的稳定性分析

演化稳定策略 (ESS) 作为系统均衡点的一部分。基于 Friedman<sup>[64]</sup>所建立的方法，通过对整个演化系统的雅可比矩阵 (记为 J) 的局部稳定性进行分析，得出演化均衡点的稳定性。

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (1-2x)(yR_1 + L_1 - C_1) & x(1-x)R_1 \\ y(1-y)R_2 & (1-2y)(xR_1 + L_2 - C_2) \end{pmatrix} \quad (4-10)$$

也就是满足两个条件，分别为：雅可比行列式大于 0，即  $\det J > 0$ ；矩阵的迹小于 0，即  $\text{tr} J < 0$ ，能够将均衡点视为演化稳定策略 (ESS) <sup>[66]</sup>。

该雅可比矩阵的行列式为：

$$\det J = (1-2x)(yR_1 + L_1 - C_1)(1-2y)(xR_2 + L_2 - C_2) - xyR_1R_2(1-x)(1-y) \quad (4-11)$$

该雅可比矩阵的迹为：

$$\text{tr} J = (1-2x)(yR_1 + L_1 - C_1) + (1-2y)(xR_2 + L_2 - C_2) \quad (4-12)$$

表 4.3 演化博弈的均衡点

均衡点	detJ	trJ
A (0,0)	$(L_1 - C_1)(L_2 - C_2)$	$L_1 - C_1 + L_2 - C_2$
B (0,1)	$(R_1 + L_1 - C_1)(C_2 - L_2)$	$R_1 + L_1 - C_1 + C_2 - L_2$
C (1,0)	$(C_1 + L_1)(R_2 + L_2 - C_2)$	$C_1 - L_1 + R_2 + L_2 - C_2$
D (1,1)	$(R_1 + L_1 - C_1)(R_2 + L_2 - C_2)$	$(C_1 + C_2) - (L_1 + L_2 + R_1 + R_2)$

#### (1) 4PL 平台的稳定性分析

为进一步探讨 4PL 平台与物流服务提供商的损益对双方之间博弈的影响，

通过式子(4-4)所反映的 4PL 平台的复制动态方程  $F(x)$  对  $x$  求导:

$$F'(x) = (1-2x)(yR_1 + L_1 - C_1) \quad (4-13)$$

4PL 平台采用演化稳定策略 (Evolutionarily Stable Strategy, ESS) 的基本要求为<sup>[65]</sup>: 4PL 平台的复制动态方程  $F(x)=0$  且 4PL 平台复制动态方程的导数  $\frac{dF(x)}{dx} < 0$ 。由  $F(x)=0$  计算  $x$ , 即  $x=0$  或  $1$  可能是 4PL 平台演化过程的均衡点。而且, 由 4PL 平台的复制动态方程  $F(x)=0$  计算得出  $yR_1 + L_1 - C_1=0$ , 即:

$$y^* = \frac{C_1 - L_1}{R_1} \quad (4-14)$$

由(4-14)式可知, 若物流服务提供商采用“合作”策略的可能性  $y = y^*$ , 则全部  $x$  轴上的点均处于稳定状态, 即  $x=0, x=1$  是两个稳定点, 此时 4PL 平台的策略不随着时间的变化而改变。相位图即图 4.1。

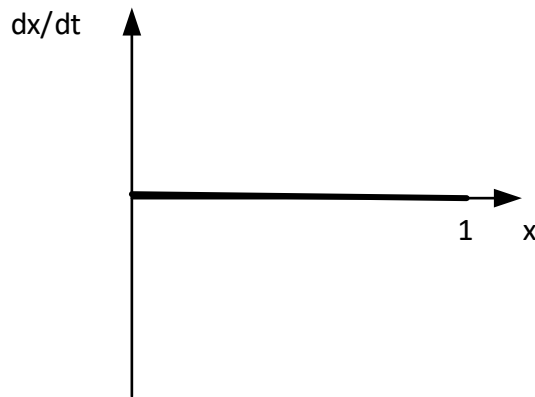


图 4.1  $y = y^*$  时的复制动态相位图

再者, 若物流服务提供商采用“合作”策略的可能性  $y > y^*$  时, 只有  $x=1$ , 才会有 4PL 平台的复制动态方程  $F(x)=0$  且 4PL 平台复制动态方程的导数  $\frac{dF(x)}{dx} < 0$ , 所以  $x=1$  属于 4PL 平台行为演化的稳定点。博弈结果是: 要是物流服务提供商选择合作的可能性大于  $\frac{C_1 - L_1}{R_1}$ , 则意味着 4PL 平台在长期的博弈过

程中会采用“生态合作”策略。相位图由图 4.2 可见。

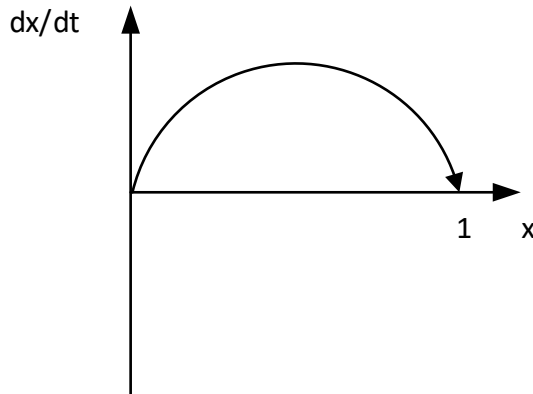


图 4.2  $y > y^*$  时的复制动态相位图

最后，若物流服务提供商采用“合作”策略的可能性  $y < y^*$  时，只有  $x=0$ ，才会有 4PL 平台的复制动态方程  $F(x)=0$  且 4PL 平台复制动态方程的导数  $\frac{dF(x)}{dx} < 0$ ，所以  $x=0$  是演化稳定点。博弈结果显示：若物流服务提供商合作可能性低于  $\frac{C_1-L_1}{R_1}$ ，意味着在长期的博弈过程中 4PL 平台终将采用“传统合作”的策略。相位图由图 4.3 所示。

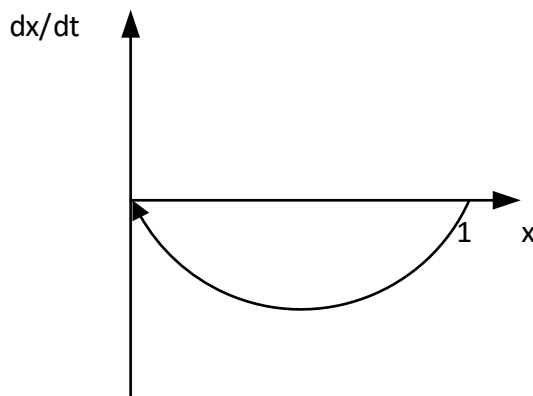


图 4.3  $y < y^*$  时的复制动态相位图

(2) 物流服务提供商的稳定性分析



同理，通过式(4-8)的物流服务提供商的复制动态方程  $F(y)$  对  $y$  进行求导：

$$F'(y) = (1-2y)(xR_2 + L_2 - C_2) \quad (4-15)$$

接着，物流服务提供商采取演化稳定策略的要求<sup>[65]</sup>为，物流服务提供商的复制动态方程  $F(y)=0$  且复制动态方程的导数  $\frac{dF(y)}{dy} < 0$ 。使得  $F(y)=0$  能够求得  $y=0$  或  $1$ ，即  $y=0$  或  $1$  可能是 4PL 平台演化过程的均衡点。除此之外，由物流服务提供商的复制动态方程  $F(y)=0$  得出  $xR_2 + L_2 - C_2 = 0$ ，即：

$$x^* = \frac{C_2 - L_2}{R_2} \quad (4-16)$$

式(4-16)是指在 4PL 平台选择“生态合作”策略的可能性  $x=x^*$  时，则全部  $y$  轴上的点均处于稳定状态，即  $y=0, y=1$  是两个稳定点。相位图由图 4.4 可见。

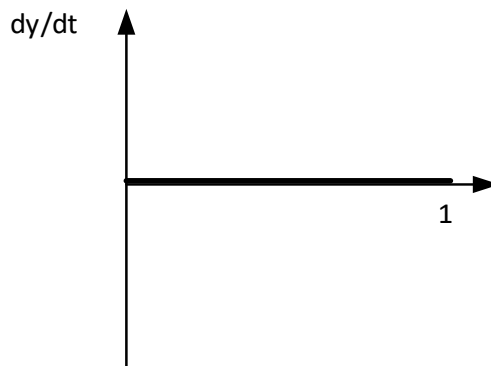


图 4.4  $x = x^*$  时的复制动态相位图

再者，若 4PL 平台选择“生态合作”策略的可能性  $x > x^*$  时，只有  $y=1$ ，才会有物流服务提供商的复制动态方程  $F(y)=0$  且物流服务提供商复制动态方程的导数  $\frac{dF(y)}{dy} < 0$ ，所以  $y=1$  是演化稳定点。其博弈的结果是：若 4PL 平台选择生态

合作的意愿超过  $\frac{C_2 - L_2}{R_2}$ ，物流服务提供商在长期博弈过程中将会采取“合作”

策略。相位图由 4.5 可知。

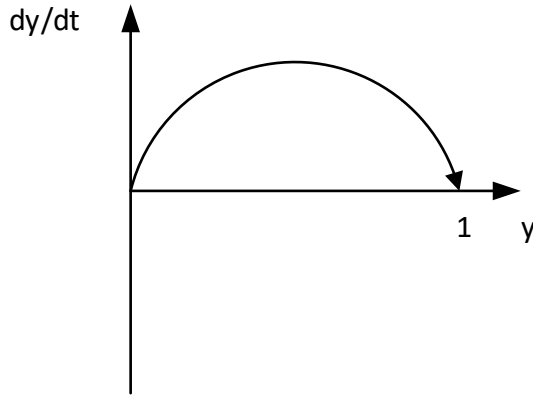


图 4.5  $x > x^*$  时的复制动态相位图

若 4PL 平台选择“生态合作”策略的可能性  $x < x^*$  时，只有  $y=0$ ，才会有物流服务提供商的复制动态方程  $F(y)=0$  且物流服务提供商复制动态方程的导数

$\frac{dF(y)}{dy} < 0$ ，所以  $y=0$  是演化稳定点。博弈的结果显示在 4PL 平台生态合作的意

愿小于  $\frac{C_2 - L_2}{R_2}$  的情况下，物流服务提供商在长期博弈过程中将会采用“不合作”

策略。相位图由图 4.6 可知。

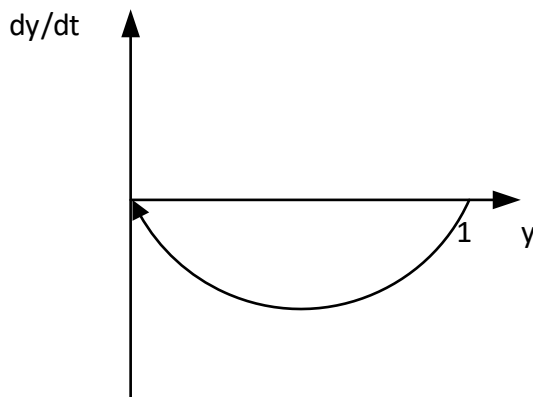


图 4.6  $x < x^*$  时的复制动态相位图

(3) 4PL 平台与物流服务提供商演化博弈模型稳定性分析

据此，也就是满足两个条件，分别为：雅可比行列式大于 0，即  $\det J > 0$ ；矩阵的迹小于 0，即  $\text{tr} J < 0$ ，能够将均衡点视为演化稳定策略（ESS）<sup>[66]</sup>。所以当  $R_1 > C_1 - L_1$  且  $R_2 > C_2 - L_2$  时，即 4PL 平台选择生态合作和物流服务提供商选择合作的收益要大于成本，4PL 平台、物流服务提供商的博弈有 5 个均衡点，即 A (0,0)、B (0,1)、C (1,0)、D (1,1) 和 O ( $x^*, y^*$ )。

表 4.4 博弈均衡点的稳定性分析

均衡点	$\det J$	$\text{tr} J$	结论
A (0,0)	+	-	稳定点
B (0,1)	+	+	不稳定
C (1,0)	+	+	不稳定
D (1,1)	+	-	稳定点
O ( $x^*, y^*$ )	+	0	鞍点

演化博弈相位图由图 4.7 可知，演化博弈的均衡点分别是 A、B、C、D、O。而 A 和 D 均为演化的稳定点，B 与 C 则是不稳定点，O 点作为整个演化博弈模型的鞍点。

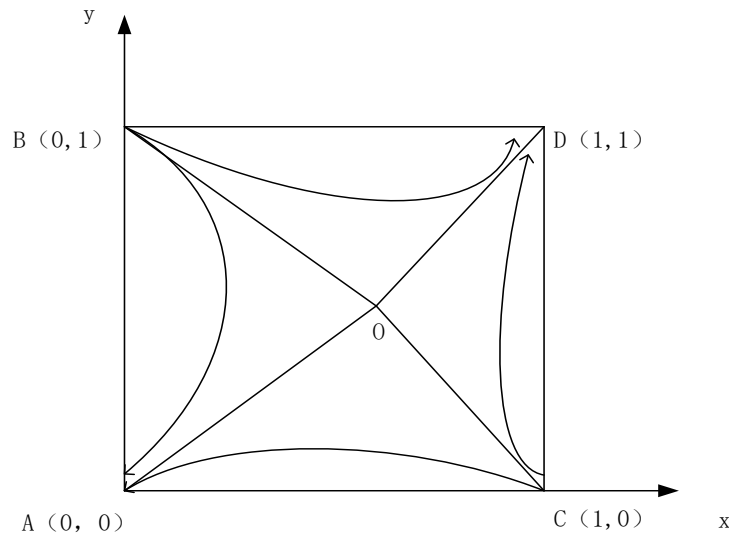


图 4.7 演化博弈相位图

由图 4.7 可以看出，4PL 平台和物流服务提供商博弈的长期演化策略包括（生态合作，合作）和（传统合作，不合作），也就是如果物流服务提供商选择“不合

作”的策略，那么 4PL 平台就会推行“传统合作”的策略；如果物流服务提供商采用“合作”的策略，那么 4PL 平台就会推行“生态合作”的策略。如果博弈的初始状态处于图 4.7 所示的区域 1（即 ACOB）内，则系统经过长期的演化后最终收敛到 A 点，即 4PL 平台和物流服务提供商采用（传统合作，不合作）的策略集，从而实现最差的博弈。若博弈的初始状态落到图 4.7 所示的区域 2（即 BOCD）内，则系统经过长期演化最终会收敛到 D 点，也就是 4PL 平台与物流服务提供商采用（生态合作，合作）的策略集，实现最佳博弈状态。

如图 4.7 所示，（生态合作，合作）作为最优的策略集，其最终的演化走向取决于 ACOB 的面积  $S_1$  和 BOCD 的面积  $S_2$ ，通过比较二者的面积大小来判断最终走向：若  $S_1 < S_2$  时，采用（生态合作，合作）策略集的可能性高；若  $S_1 > S_2$  时，采用（传统合作，不合作）策略集可能性高一些；若  $S_1 = S_2$  时，两种策略集被采用的可能性相同， $S_1$  的面积由公式(4-17)可得。因此，为了明确 4PL 平台和物流服务提供商策略选择的影响因素，应当将这个问题进行转化，从了解具体哪些因素会对  $S_1$  的大小造成影响。

$$S_1 = S_{\triangle AOB} + S_{\triangle AOC} = \frac{1}{2} \left( \frac{C_1 - L_1}{R_1} + \frac{C_2 - L_2}{R_2} \right) \quad (4-17)$$

#### （1）相关参数对 4PL 平台的影响

**结论 1:** 4PL 平台采用“生态合作”的策略，而且超额收益呈现出持续上升，那么物流服务提供商采用的“合作”策略的可能性将会大大增加，那么最终双方选择（生态合作，合作）策略集的可能性越大。

证  $\frac{\partial S_1}{\partial R_1} = -\frac{1}{2} \frac{C_1 - L_1}{R_1^2} < 0$ ，图 AOCB 的面积  $S_1$  是 4PL 平台采用“生态合作”策略

时超额收益  $R_1$  的单调递减函数，4PL 平台受生态合作影响使其额外收益  $R_1$  变大，对应的  $S_1$  因此会变小。整个系统将会向 D (1,1) 方向演化的概率变大，双方采用（生态合作，合作）策略集的概率同样增加。

**结论 2:** 当其他条件不变时，若 4PL 平台采用“生态合作”策略使其额外成本增加，那么继续采用“生态合作”策略的可能性会降低。

证  $\frac{\partial S_1}{\partial C_1} = \frac{1}{2R_1} > 0$ , 所以图 AOCB 的面积  $S_1$  是 4PL 平台采用“生态合作”策略

时额外成本  $C_1$  的单调递增函数, 若 4PL 平台受生态合作影响使得其额外成本  $C_1$  增加, 那么  $S_1$  也将增加, 整个系统朝着 A(0,0) 方向演化的可能性变大, 双方最终采用 (传统合作, 不合作) 策略集的可能性同样也会增加。

**结论 3:** 在其他条件既定的情况下, 在 4PL 平台采用“传统合作”策略时, 若损失成本不断增加, 那么继续采用“传统合作”策略的可能性将会不断下降。

证  $\frac{\partial S_1}{\partial L_1} = -\frac{1}{2R_1} < 0$ , 所以图 AOCB 的面积  $S_1$  是 4PL 平台采用“传统合作”策

略时损失成本  $L_1$  的单调递减函数, 当采用传统合作致使 4PL 平台损失成本增加的情况下,  $S_1$  将会变小, 整个系统朝着 D(1,1) 方向演化的可能性提高, 双方最终采用 (生态合作, 合作) 策略集的可能性增加。

#### (2) 参数对物流服务提供商的影响

**结论 4:** 若物流服务提供商采用“合作”策略, 且所获得的超额收益不断增加, 那么物流服务提供商采用“合作”策略的动力会变大, 所以双方采用 (生态合作, 合作) 策略集的可能性就越大。

证  $\frac{\partial S_1}{\partial R_2} = -\frac{1}{2} \frac{C_2 - L_2}{R_2^2} < 0$ , 图 AOCB 的面积  $S_1$  为物流服务提供商采用“合作”

策略时超额收益  $R_2$  的单调递减函数, 若物流服务提供商受合作影响导致额外收益  $R_2$  变多, 那么相对的  $S_1$  将会变小。整个系统将会向 D(1,1) 方向演化的可能性增加, 这也就意味着双方最终采用 (生态合作, 合作) 策略集的可能性增加。

**结论 5:** 其他条件相同时, 若物流服务提供商采用“合作”策略致使额外成本增加时, 其会采用“合作”策略的可能性就越小。

证  $\frac{\partial S_1}{\partial C_2} = \frac{1}{2R_2} > 0$ , 所以图 AOCB 的面积  $S_1$  是物流服务提供商采用“合作”策

略时额外成本  $C_2$  的单调递增函数, 当物流服务提供商由于合作原因导致额外成本  $C_2$  变化时,  $S_1$  也会随着发生改变, 且二者之间是正相关关系, 此时该系统的演化

方向将会更倾向于 A(0,0)，双方最终采用（传统合作，不合作）策略集的可能性同样会提高。

**结论 6:** 其他条件相同时，若物流服务提供商采用“不合作”导致损失成本的变高，那么随着时间的变化其会采用“不合作”的可能性也会随着降低。

$$\text{证 } \frac{\partial S_1}{\partial L_2} = -\frac{1}{2R_2} < 0, \text{ 所以图 AOCB 的面积 } S_1 \text{ 为物流服务提供商采用“不合作”}$$

策略时损失成本  $L_2$  的单调递减函数，在物流服务提供商不合作时损失成本增大的过程中， $S_1$  将会变小，整个系统会向 D(1,1) 方向演化的可能性增加，双方最终更加倾向于采用（传统合作，不合作）策略集。

再者，若满足  $R_1 < C_1 - L_1$  且  $R_2 < C_2 - L_2$ ，或  $R_1 > C_1 - L_1$  且  $R_2 < C_2 - L_2$ ，或  $R_1 < C_1 - L_1$  且  $R_2 > C_2 - L_2$  等条件，均衡点的稳定性由表 4.5 可知。

表 4.5 其他情况下博弈均衡点的稳定性分析

	$R_1 < C_1 - L_1$ 且 $R_2 < C_2 - L_2$			$R_1 > C_1 - L_1$ 且 $R_2 < C_2 - L_2$			$R_1 < C_1 - L_1$ 且 $R_2 > C_2 - L_2$		
	detJ	trJ	稳定性	detJ	trJ	稳定性	detJ	trJ	稳定性
A (0,0)	+	-	稳定点 (ESS)	+	-	稳定点 (ESS)	+	-	稳定点 (ESS)
B (0,1)	+	不确定	鞍点	+	+	不稳定点	-	不确定	鞍点
C (1,0)	-	不确定	鞍点	-	不确定	鞍点	+	+	不稳定
D (1,1)	+	+	不稳定点	+	不确定	鞍点	-	不确定	鞍点

观察发现，基于上述三种情况，稳定点均为 (0,0)，即双方更加倾向于采用（传统合作，不合作）的策略集。

## 4.4 演化仿真分析

### 4.4.1 仿真模型的建立

根据上述模型，以系统动力学为基础，建立 4PL 平台和物流服务提供商合作关系的演化博弈模型，由图 4.8 可见。

模型的主要变量通过双方博弈的支付函数来确定，包括 4PL 平台合作变化率、物流服务提供商合作变化率在内的两个速率变量，以及 4PL 平台生态合作概率、4PL 平台生态合作概率、物流服务提供商合作概率、物流服务提供商不合作概率这四个水平变量。

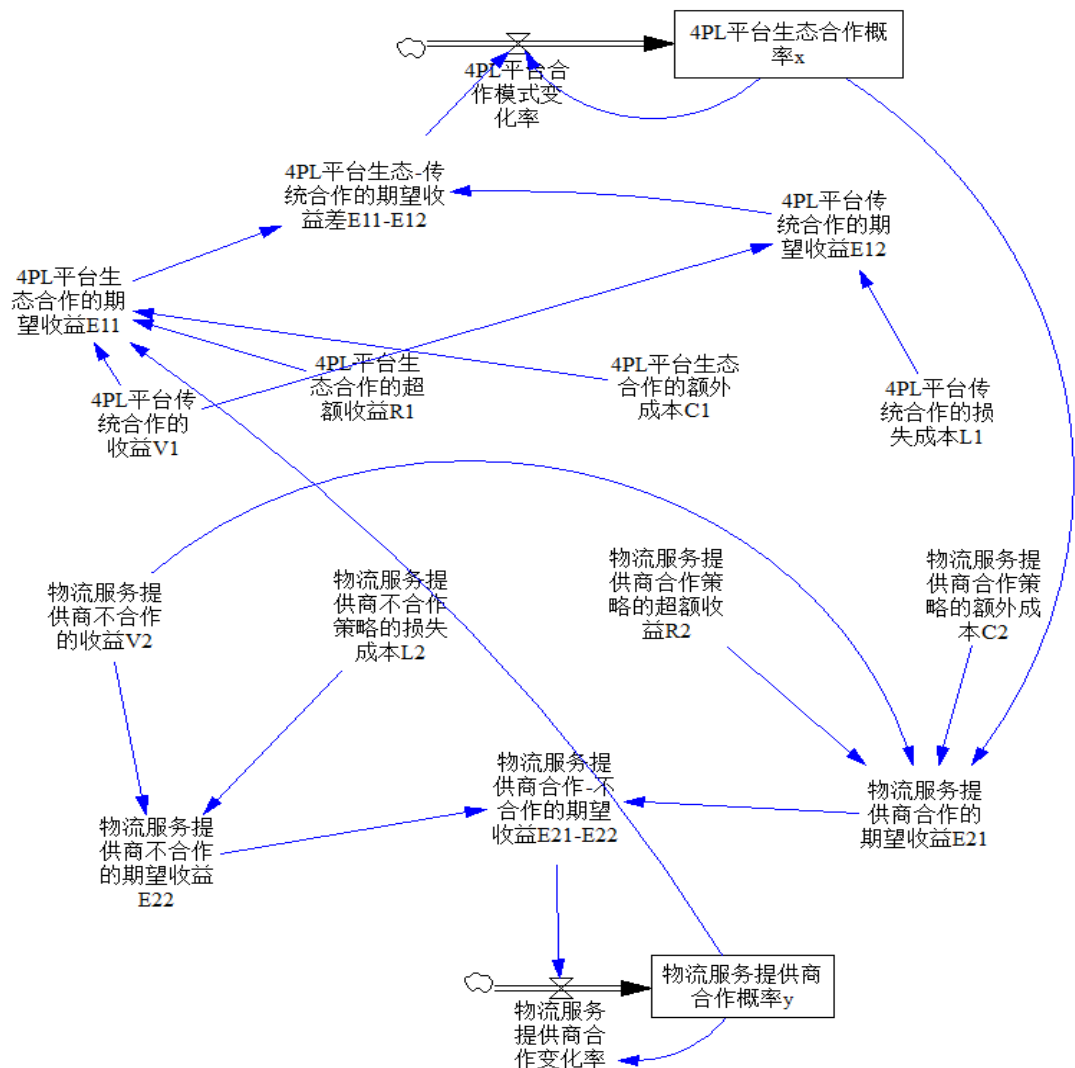


图 4.8 基于 SD 的博弈双方行为演化博弈模型

### 4.4.2 演化模型仿真分析

采用 Vensim PLE 软件，模型的初始条件设置为：Initial time=0，即起始时间为 0；Final time=10，即 10 个季度的仿真周期；Time step=0.1，即步长为 0.1。通过搜集和整理相关资料的基础，结合付帅帅<sup>[66]</sup>、李安渝<sup>[67]</sup>模型中的参数进行数值的确定，同时要保证参数赋值和模型的约束条件相匹配。因此，参数初始值的设置应当为： $V_1=5, V_2=4, R_1=5, R_2=4, C_1=8, C_2=7, L_1=4, L_2=4$ ，二者的初始合作意愿定为  $x=y=0.5$ 。探讨相关参数和系统演化之间的关系。

#### (1) 超额收益变化的影响

4PL 平台在策略选择上受其超额收益  $R_1$  变化的影响。其参数赋值是：

$$V_1=5, V_2=4, R_1=5, 7, 9, R_2=4, C_1=8, C_2=7, L_1=4, L_2=4, x=0.5, y=0.5。$$

如图 4.9 所示，其他因素不变时，4PL 平台因生态合作实现的超额收益和其选择生态合作策略之间是正相关关系。

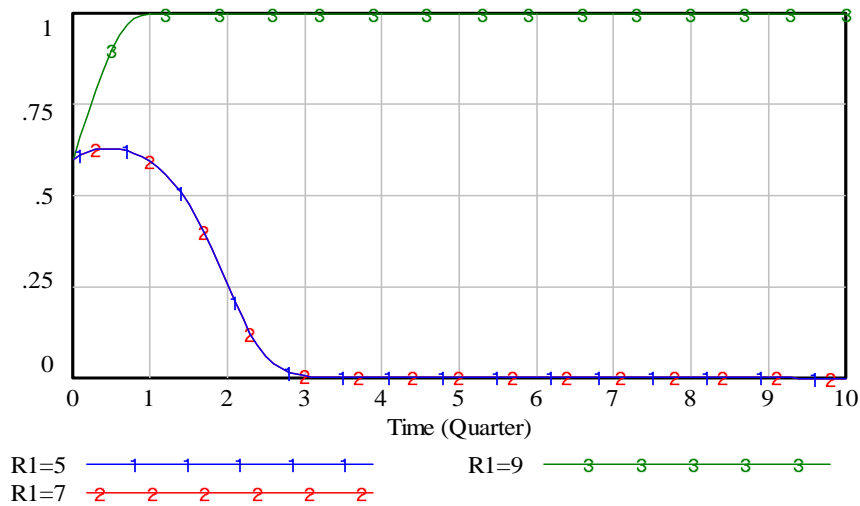


图 4.9  $R_1$  变化对 4PL 平台选择策略的影响

物流服务提供商选择策略受其超额收益  $R_2$  变化的影响。参数赋值是：

$$V_1=5, V_2=4, R_1=5, R_2=4, 6, 8, C_1=8, C_2=7, L_1=4, L_2=4, x=0.5, y=0.5。$$

如图 4.10 所示，其他因素既定，物流服务提供商坚定合作的意愿与选择合作策略时实现的超额收益呈正相关关系。



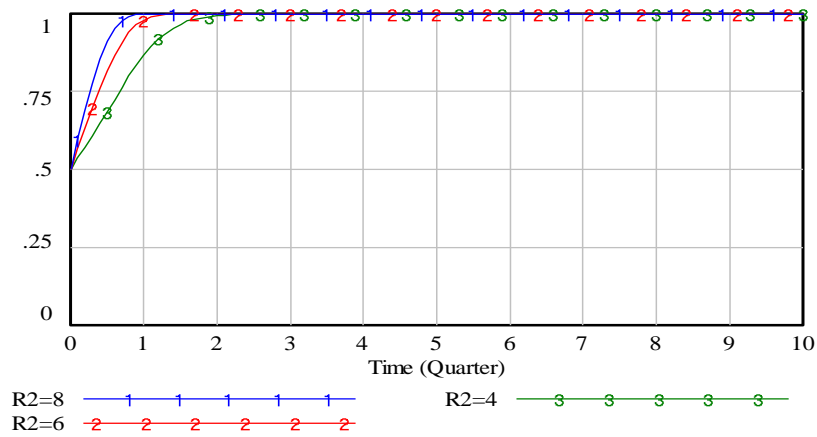


图 4.10  $R_2$  变化对物流服务提供商选择策略的影响

分析双方在采用策略时受到各自的超额收益  $R_1$  和  $R_2$  两者共同变化时的影响。

其参数赋值是：

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 5, R_2 = 4, C_1 = 4, C_2 = 3, L_1 = 2, L_2 = 2。$$

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 7, R_2 = 6, C_1 = 4, C_2 = 3, L_1 = 2, L_2 = 2。$$

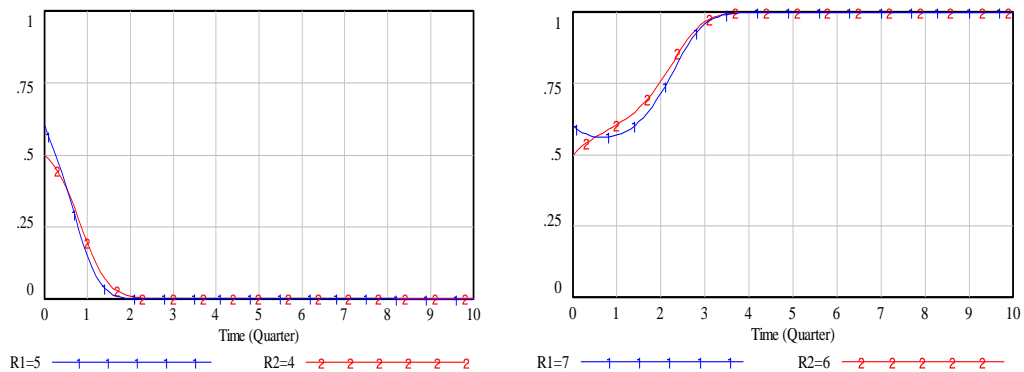


图 4.11  $R_1$ 和 $R_2$  变化对双方选择策略的影响

在图 4.11 中，伴随着 4PL 平台与物流服务提供商在超额收益上都增加的过程中，相较于单方面超额收益的增加，整个合作博弈选择（生态合作，合作）结果的可能性更大。

(2) 额外成本变化的影响

再者，对额外成本给双方策略选取造成的影响进行验证。先观察 4PL 平台的额外成本  $C_1$  变化给 4PL 平台策略的影响，其参数取值为：

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 5, R_2 = 4, C_1 = 9, 6, 3, C_2 = 7, L_1 = 4, L_2 = 4, x = 0.5, y = 0.5。$$

由图 4.12 可知，若其他因素固定，4PL 平台采用“生态合作”策略的可能性会随着额外成本的增加反而会降低。若额外成本在一定的区间内时，4PL 平台采取“生态合作”策略的优先级会高于“传统合作”策略。

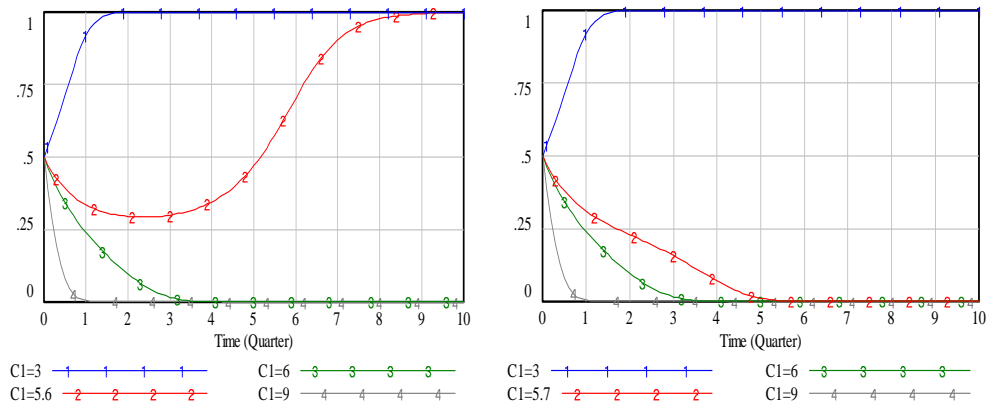


图 4.12  $C_1$  变化对 4PL 平台选择策略的影响

再者观察物流服务提供商的额外成本  $C_2$  的变化对物流服务提供商策略选取造成的影响，其参数赋值为：

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 5, R_2 = 4, C_1 = 8, C_2 = 8, 5, 2, L_1 = 4, L_2 = 4, x = 0.5, y = 0.5。$$

如图 4.13 所示，若其他因素固定，物流服务提供商选取“合作”策略的可能性随着额外成本增加而变得减小，物流服务提供商因为合作而投入的成本会有一个固定的区间，若低于该区间，物流服务提供商将演化到采取“合作”策略。

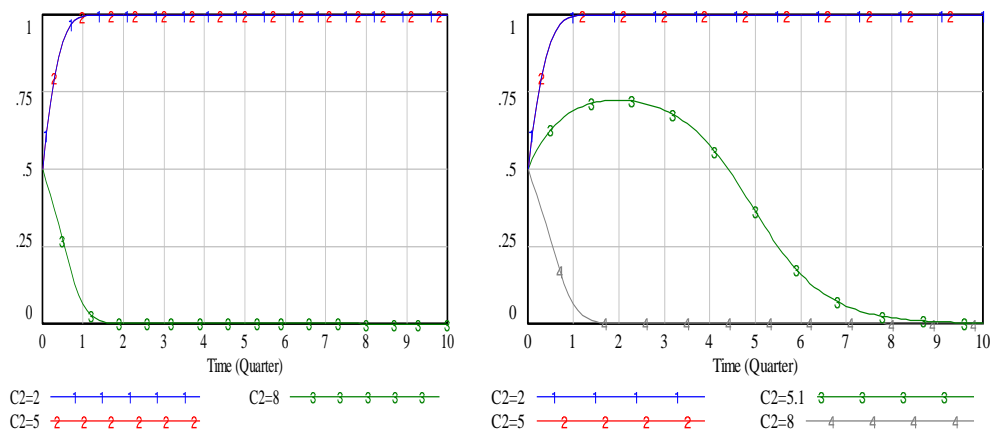


图 4.13  $C_2$  变化对物流服务提供商选择策略的影响

在双方的额外成本  $C_1$  和  $C_2$  共同变化作用下对双方策略选取造成的影响。其参数赋值为：

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 5, R_2 = 4, C_1 = 8, 6, C_2 = 7, 5, L_1 = 4, L_2 = 4, x = 0.5, y = 0.5。$$

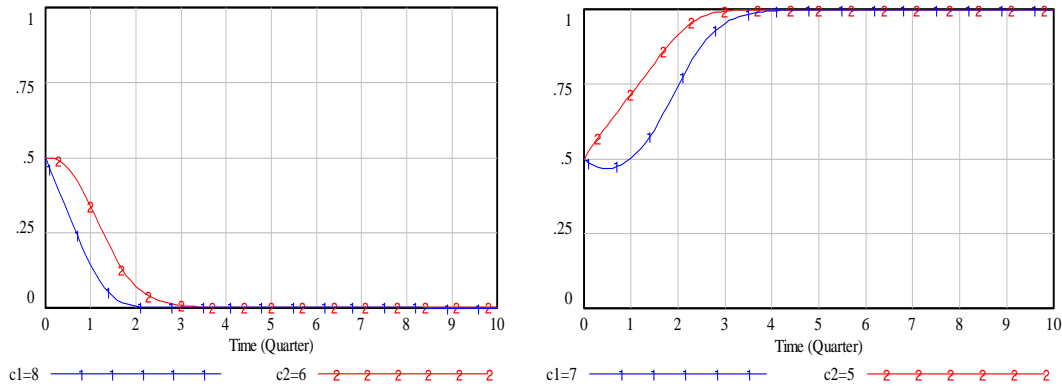


图 4.14  $C_1$ 和 $C_2$ 变化对双方选择策略的影响

由图 4.14，在 4PL 平台和物流服务提供商的额外成本均减少时，相较于单方的额外成本减少，整个博弈的演化会更大概率采取（生态合作，合作）的策略。

(3) 损失成本变化的影响

损失成本  $L_1$  的改变会导致 4PL 平台选择策略发生变化。参数赋值是：

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 5, R_2 = 4, C_1 = 8, C_2 = 7, L_1 = 4, 5, 6, L_2 = 4, x = 0.5, y = 0.5。$$

通过图 4.15 可以看出，伴随着 4PL 平台采取“传统合作”策略时损失成本的上升，其选择这一策略的概率也会随之降低，若损失能够保证在合理范围内，那么 4PL 选取“传统合作”这一的策略就不会随着时间的变化而改变。

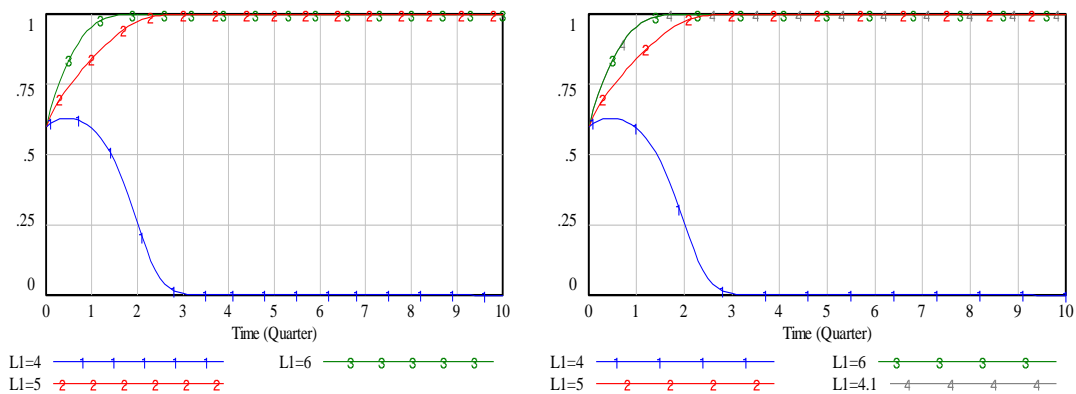


图 4.15  $L_1$ 变化对 4PL 平台策略选择的影响

看物流服务提供商的损失成本  $L_2$  的变化是如何影响物流服务提供商的，参数赋值如下：

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 5, R_2 = 4, C_1 = 8, C_2 = 7, L_1 = 4, L_2 = 4, 5, 6, x = 0.5, y = 0.5。$$

通过图 4.16 可以看出，若物流服务提供商选取不合作策略时，随着损失成本越来越大时，物流服务提供商会选择合作策略；若损失成本在一个固定区间内，它依旧会采取不合作的策略集。

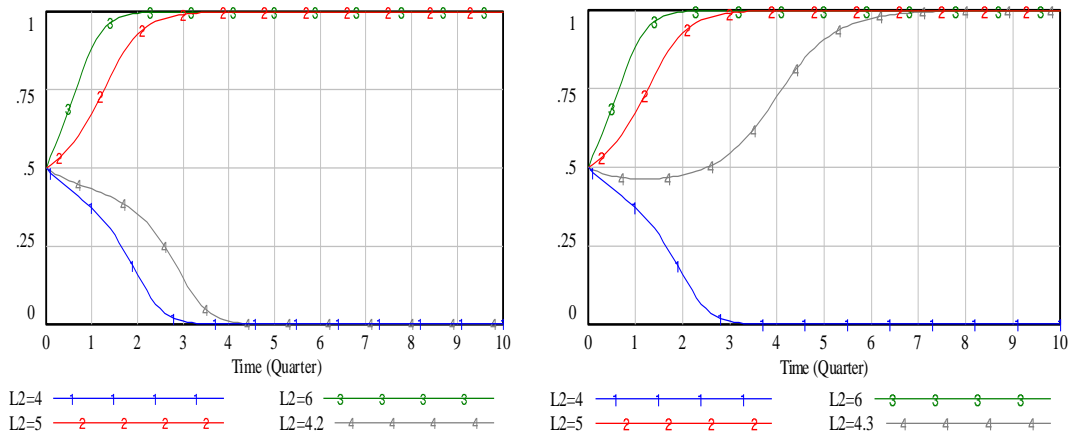


图 4.16  $L_2$  变化对物流服务提供商策略选择的影响

观察双方的损失成本  $L_1$  和  $L_2$  共同变化对双方采用策略的影响，参数赋值是：

$$V_1 = 5, V_2 = 4, R_1 = 5, R_2 = 4, C_1 = 8, C_2 = 7, L_1 = 4, 5, L_2 = 4, 5, x = 0.5, y = 0.5。$$

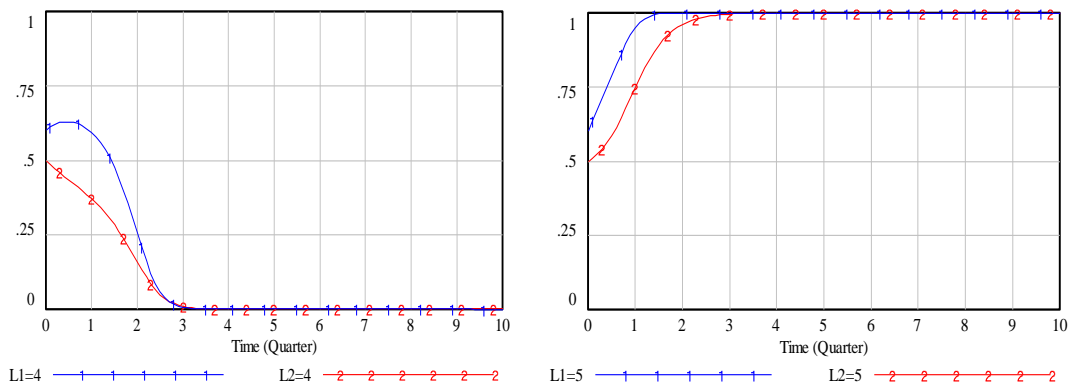


图 4.17  $L_1$  和  $L_2$  变化对双方策略选择的影响

由图 4.17 可知，若 4PL 平台和物流服务提供商的损失成本均增加，相对于单方损失成本的增加，整个系统的演化会更容易走向（生态合作，合作）的状态。

## 4.5 本章小结

在 4PL 平台和物流服务提供商的合作演化过程中,必须高度关注 4PL 平台自身的发展,从而保证物流服务提供商参与生态合作的积极性提高。所以,本章基于演化博弈理论,建立 4PL 平台和物流服务提供商合作演化博弈模型,围绕策略的选择和演化稳定性进行全面分析,基于系统动力学实现建模仿真分析,探讨相关参数和系统演化之间的关系,研究结果可作为 4PL 平台进行生态合作时所参考的理论依据。具体总结如下:

(1) 整个系统演化的方向主要取决于 4PL 平台与物流服务提供商所采用的具体策略。4PL 平台、物流服务提供商决定采用的策略会相互影响。

(2) 当超额收益和损失成本上升,额外成本下降的时候,4PL 平台与物流服务提供商更倾向于采取(生态合作,合作)的策略集。

(3) 若额外成本的减少及损失成本的增加高于合理区间内,则 4PL 平台与物流服务提供商将更偏向于采取(传统合作,不合作)的策略集,即最差的博弈结果。

由以上三点结论延伸可知,为了避免 4PL 平台和物流服务提供商陷入最差的博弈状态,即采用(传统合作,不合作)策略集。提出如下建议:首先,4PL 平台和物流服务提供商应当结合自身现状去狠下功夫。以 4PL 平台为例,应当帮助物流服务提供商实现更大的价值,把物流服务提供商吸引到生态系统中来;以物流服务提供商为例,应当懂得适当的降本增效,通过不断提升专业能力的方式来牢牢占据物流行业的优势地位,进而使得二者的超额收益增加,额外成本有所下降,减少不必要的损失成本,加快实现 4PL 平台和物流服务提供商之间的生态合作。其次,当平台生态系统发展到一定阶段时,4PL 平台作为平台生态系统的领导者,可以考虑运用定价策略来保证 4PL 平台生态系统可持续发展,4PL 平台成员间实现更好的生态合作。

## 5 考虑赋能成本的 4PL 平台定价策略

### 5.1 问题描述

根据上一章得出的结论，4PL 平台生态系统上物流服务的供需双方和 4PL 平台为了获得长期稳定的收益，各方的合作模式会从传统合作模式向生态合作模式演进。

在生态合作模式下，4PL 平台为了增加用户粘性，需要不断地为入驻平台的物流服务提供商和物流服务需求方提供各种增值服务，我们称之为“4PL 平台对各参与方的赋能”。关婷<sup>[68]</sup>表示“赋能”可以帮助各参与主体之间的进行互动和交换，在很多领域内生成创造性驱动力或创新方法、路径等，可以推进主体达到既定的目标。本文研究的 4PL 平台的赋能主要指的是 4PL 平台对各参与方的数据赋能以及依托数据借助大数据、人工智能等技术提高供需匹配的技术赋能，归根结底来说都是数据赋能。

肖迪<sup>[69]</sup>通过对平台数据赋能的研究，他提出平台数据赋能其实就是平台基于大量的运营数据，利用大数据、云计算等技术了解消费者的需求特性，因此给供应链合作伙伴提供更加准确、智能的数据化策略的支持。缪沁男<sup>[70]</sup>借助阿里文档内部管理者公开讲话的二手数据对钉钉做了一个纵向案例研究，通过剖析服务型数字平台基于传统组织数字化转型的赋能机制动态演化过程，得到以下结论：数字化的赋能方式呈现出“协同赋能-生态赋能-场景赋能”的动态演化规律，而且数字平台的“赋能作用”源自其所处的网络枢纽地位及所具备的前沿信息技术，由此形成的资源整合能力及数据处理能力可以对平台参与者的商业模式和技术产品产生显著的创新使能作用。周文辉<sup>[71]</sup>也从数据赋能的视角，以滴滴出行为案例研究对象，讨论了平台企业数据赋能对价值共创过程的影响。文章通过在线社区访谈、深度调研等一手数据以及滴滴官网、媒体报道等二手数据，分析了平台在分析能力、互动能力、资源整合能力等方面对于平台各参与方在促进资源稳定调整等方面的贡献。

本章基于相关文献综述，结合第四章的研究结论，讨论在考虑赋能成本的情况下 4PL 平台的定价策略。

在本章的研究框架下, 4PL 平台赋能指的是将云计算和大数据等科技手段运用在物流活动中, 用科技手段分析大量需求订单, 提取订单里的关键词, 根据原先制定好的匹配规则对双边用户进行匹配, 提高匹配效率, 帮助双边用户降低交易成本, 其中用科技手段分析大量数据, 就是 4PL 平台赋能中的物流信息处理, 而提取完关键词, 将物流服务需求方和物流服务提供商能够进行动态的、实时的、恰当的匹配。因此对于 4PL 平台来说, 投入的赋能成本越大其可能提供的服务水平就越高, 供需双方的最优剩余也会越高(即满意度越高), 但是其也会面临为保证服务水平而投入过多的赋能成本会给自己运营带来压力。所以本部分从 4PL 平台赋能成本的角度去研究其对 4PL 平台利润、定价、最优生产者和消费者剩余的影响, 最终运用合理的定价策略, 提高物流服务质量 and 供需双方的满意度, 最终实现 4PL 平台生态系统的可持续发展。

## 5.2 基本假设和模型构建

### 5.2.1 基本假设

本章考虑在一个交易周期里, 物流服务需求方只购买一次物流服务, 而对于物流服务提供商来说也只提供一次物流服务, 所以, 在单个交易周期里 4PL 平台的利润就是来自于供需双方在平台上交易一次的利润。4PL 平台的收入由收取物流需求方购买物流服务的服务价格和收取物流服务提供商的会员费及其每次服务的的服务价格组成。4PL 平台没有对物流服务需求方收取会员费的主要目的是激励更多的需求方加入生态系统中。

假设 1: 因为 4PL 平台的赋能成本会伴随着服务水平的提高而增加, 4PL 平台花在物流服务需求方和物流服务提供商上的成本和物流服务需求方所得到物流服务质量有线性相关:

$$C_a(q) = c_a + (c_1^j + c_1^k)q, C_b(q) = c_b + (c_2^j + c_2^k)q \quad (5-1)$$

其中,  $C_a(q)$  表示 4PL 平台对物流需求方投入的总成本,  $C_b(q)$  表示 4PL 平台对物流服务提供商投入的总成本,  $c_a$  和  $c_b$  是 4PL 平台企业对一个物流服务需求方和物流服务提供商投入的初始成本, 其中  $c_1^j$  是 4PL 平台对物流服务需求方信

息处理的成本,  $c_1^k$  是 4PL 平台对物流服务需求方实时匹配的成本; 同样  $c_2^j$  和  $c_2^k$  分别代表着 4PL 平台对物流服务提供商信息处理的成本以及实时匹配的成本, 并且假设  $c_1^j$ 、 $c_1^k$ 、 $c_2^j$ 、 $c_2^k$  四者互不相等。 $(c_1^j + c_1^k)$  和  $(c_2^j + c_2^k)$  是 4PL 平台企业为了提高物流服务质量对物流服务需求方和物流服务提供商投入的赋能成本, 记  $(c_1^j + c_1^k)$  为  $c_1$ ,  $(c_2^j + c_2^k)$  为  $c_2$ , 这样方便后续从供需双方的角度去分析赋能成本对其他因素的影响;  $q(q \in [0,1])$  是物流服务需求方获得的服务质量,  $q$  越大代表着物流服务需求方获得的物流服务质量水平越高。

假设 2: 根据 Armstrong M<sup>[12]</sup>假定  $N_i = \theta_i U_i (i=1,2, k_i > 0)$ , 其中  $i=1$  指的是物流服务需求方,  $i=2$  指的是物流服务提供商,  $N_i > 0 (i=1,2)$  为双边用户的加入数量。 $\theta_i$  指的是  $i$  边用户加入 4PL 平台生态系统中对自身所获效用的敏感系数,  $U_i$  指的是  $i$  边用户加入 4PL 平台生态系统中所获得的效用。

假设 3: 根据 Armstrong M<sup>[12]</sup>假设  $G_1$  和  $G_2$  均满足包络条件“ $G'_i(U_i) \equiv \theta_i U_i$ ”, 则消费者剩余 (即物流服务需求方剩余)  $G_1$  和生产者剩余 (即物流服务提供商剩余)  $G_2$  可分别为:

$$G_1 = \frac{1}{2} U_1 N_1, G_2 = \frac{1}{2} U_2 N_2 \quad (5-2)$$

分别表示物流服务需求方在 4PL 平台上购买物流服务后获得的满足感和物流服务提供商在 4PL 平台上获得的体验感及提供一次物流服务后获得劳动报酬的满足感。

假设 4: 4PL 平台对物流服务提供商投入的初始成本  $c_a$  很大, 使得  $c_a + c_s + c_e - p_2 > 0$ 。其中  $c_s$  是物流服务提供商提供物流服务的成本, 因为 4PL 平台会运用大数据等技术帮助供需双方进行高效、合理的匹配, 所以对于物流服务提供商来说, 其每次提供物流服务付出的成本是固定的,  $c_e$  是物流服务提供商加入 4PL 平台生态系统的固定成本,  $p_2$  是物流服务提供商提供一次物流服务获得的利润分成。



假设 5: 4PL 平台对物流服务提供商补贴力度很大, 所以  $\beta_2 + \gamma - \beta_1 > 0$ , 这样可以激励更多的物流服务提供商加入 4PL 平台生态系统中来。其中  $\gamma (\gamma \in (0,1))$  表示 4PL 平台给物流服务提供商提供每次物流服务的补贴比例,  $\beta_1$  为物流服务提供商对物流服务需求方的交叉网络外部性参数,  $\beta_2$  为物流服务需求方对物流服务提供商的交叉网络外部性参数。

假设 6: 物流服务需求方和物流服务提供商之间的交叉网络外部性均为正向影响。

表 5.1 模型中符号及含义说明

符号	含义
4PL 平台	
$\pi$	4PL 平台企业总利润
$C_a$	4PL 平台对一个物流服务需求方投入的总成本, $C_a > 0$
$C_b$	4PL 平台对一个物流服务提供商投入的总成本, $C_b > 0$
$c_a$	4PL 平台对一个物流服务需求方投入的初始成本, $c_a > 0$
$c_b$	4PL 平台对一个物流服务提供商投入的初始成本, $c_b > 0$
$c_1^j$	4PL 平台对一个物流服务需求方的信息处理投入的成本, $c_1^j > 0$
$c_1^k$	4PL 平台对一个物流服务需求方实现实时供需匹配投入的成本, $c_1^k > 0$
$c_1$	4PL 平台对一个物流服务需求方的赋能成本, 包括信息处理和供需匹配成本
$c_2^j$	4PL 平台对一个物流服务提供商的信息处理投入的成本, $c_2^j > 0$
$c_2^k$	4PL 平台对一个物流服务提供商实现实时供需匹配投入的成本, $c_2^k > 0$
$c_2$	4PL 平台对一个物流服务提供商的赋能成本, 包括信息处理和供需匹配成本
$p_2$	4PL 平台给物流服务提供商每次物流服务的利润分成, $p_2 > 0$
$\gamma$	4PL 平台给物流服务提供商每次服务补贴的补贴比例, $\gamma \in (0,1)$

续表 5.1 模型中符号及含义说明

符号	含义
物流服务需求方	
$G_1$	4PL 平台生态系统中物流服务需求方的消费者剩余
$U_1$	物流服务需求方在 4PL 平台中交易时所获得的效用
$N_1$	加入 4PL 平台生态系统中物流需求方的数量
$c_d$	物流服务需求方在 4PL 平台上购买一次物流服务时还要支付的保险费
$c_f$	物流服务需求方在 4PL 平台上购买一次物流服务的其他成本
$\beta_1$	物流服务提供商对物流服务需求方的交叉网络外部性参数, $\beta_1 \in (0,1)$
$\theta_1$	物流服务需求方加入 4PL 平台生态系统对自身所获效用的敏感系数, $\theta_1 > 0$
$q$	物流服务需求方获得服务的质量水平, 包括 4PL 平台提供的服务和物流服务, $q \in [0,1]$
物流服务提供商	
$G_2$	4PL 平台生态系统中物流服务提供商的生产者剩余
$U_2$	物流服务提供商在 4PL 平台交易时所获得的效用
$N_2$	加入 4PL 平台生态系统中物流服务提供商的数量
$c_s$	物流服务提供商提供一次物流服务的成本
$c_e$	物流服务提供商加入平台生态系统的固定成本
$\beta_2$	物流服务需求方对物流服务提供商的交叉网络外部性参数, $\beta_2 \in (0,1)$
$\theta_2$	物流服务提供商加入 4PL 平台生态系统对自身所获效用的敏感系数, $\theta_2 > 0$
$t$	单个物流服务提供商加入到 4PL 平台生态系统中需要先交的会员费, $t > 0$
决策变量	
$p_d$	4PL 平台企业向物流服务需求方收取的一次交易费用
$p_s$	4PL 平台企业向物流服务提供商收取的一次交易费用

### 5.2.2 模型的构建

依据问题描述和基本假设，构建物流服务需求方和物流服务提供商 4PL 平台时的效用如(5-3)和(5-4)式所示。

物流服务需求方的效用函数是：

$$U_1 = \beta_1 N_2 q - p_d - c_d - c_f \quad (5-3)$$

式子（5-3）等式右侧依次表示物流服务提供商对物流需求方的交叉网络外部性收益、一次服务的价格、一次还需要支付的保险费、购买一次物流服务的其他成本。

物流服务提供商的效用函数是：

$$U_2 = \beta_2 N_1 q - p_s - c_s - c_e - t + p_2 + \gamma N_1 q \quad (5-4)$$

式子(5-4)等式右侧依次表示物流服务需求方对物流服务提供商的交叉网络外部性收益、4PL 平台收取的交易费、提供一次物流服务的成本、物流服务提供商加入平台生态系统的固定成本、支付的会员费、提供物流服务的分成以及 4PL 平台给予的补贴。

基于假设 2，4PL 平台生态系统中物流服务需求方和物流服务提供商的数量是效用的函数：即如果物流服务需求方、物流服务提供商的效用为  $U_1, U_2$ ，那么加入到 4PL 平台生态系统中物流服务需求方的数量  $N_1$  和物流提供商的数量  $N_2$  是：

$$\begin{cases} N_1 = \theta_1 U_1 \\ N_2 = \theta_2 U_2 \end{cases} \quad (5-5)$$

4PL 平台的利润函数是：

$$\pi = N_1 (p_d - C_a) + N_2 (t + p_s - C_b) \quad (5-6)$$

式子(5-6)等式右侧依次表示物流服务需求方的利润、物流服务提供商的利润。

## 5.3 考虑赋能成本的 4PL 平台定价均衡分析

### 5.3.1 4PL 平台最优定价及其最优利润

对于 4PL 平台来说最终目的是实现自己利润最大化，所以对供需双方的定价是 4PL 平台的决策变量，即决策变量是 4PL 平台对物流服务需求方收取的物流服务价格  $p_d$  和对物流服务提供商收取的服务价格  $p_s$ ，于是：

$$\text{Max}_{p_d, p_s} \pi = \text{Max}_{p_d, p_s} \theta_1 U_1(p_d - C_a) + \theta_2 U_2(t + p_s - C_b) \quad (5-7)$$

由式子(5-7)可得海塞矩阵是：

$$H(\pi) = \begin{pmatrix} -2\theta_1 & (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 \\ (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 & -2\theta_2 \end{pmatrix} \quad (5-8)$$

各阶顺序主子式依次是  $M_1 = -2\theta_1 < 0$ ， $M_2 = 4\theta_1\theta_2 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2 \theta_1^2 \theta_2^2 q^2$ ，当 Hessian 矩阵负定时，利润函数有最大值。即  $M_2 > 0$ ，所以

$H(\pi) = 4\theta_1\theta_2 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2 \theta_1^2 \theta_2^2 q^2 > 0$ ，也就是  $q$  要满足  $0 < q < \frac{2}{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\sqrt{\theta_1\theta_2}}$ 。

**结论 1：** 当服务质量  $q \in \left(0, \frac{2}{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\sqrt{\theta_1\theta_2}}\right)$ ，我们可以得出如下结论：

(1) 物流服务需求方最优服务价格  $p_d^*$  和物流服务提供商最优服务价格  $p_s^*$  是：

$$\begin{cases} p_d^* = \frac{\phi_2\phi(c_d + c_f) - \phi_1\phi C_a + \varphi\theta_2qC_{0s} + 2(C_a - c_d - c_f)}{4 - \phi^2} \\ p_s^* = \frac{\phi^2(t - p_2) + \phi_1\phi(c_s + c_e) - \phi_2\phi(C_b - p_2) - \varphi\theta_1qC_{0d} + 2(C_b - c_s - c_e + p_2 - 2t)}{4 - \phi^2} \end{cases} \quad (5-9)$$

(2) 4PL 平台的最大利润  $\pi^*$  是：

$$\pi^* = \frac{\phi\sqrt{\theta_1\theta_2}C_{0d}C_{0s} + \theta_1C_{0d}^2 + \theta_2C_{0s}^2}{4 - \phi^2} \quad (5-10)$$

(3) 物流服务需求方的最优效用  $U_1^*$  和物流服务提供商的最优效用  $U_2^*$  是：

$$\begin{cases} U_1^* = \frac{\phi \sqrt{\frac{\theta_2}{\theta_1}} C_{0s} + 2C_{0d}}{\phi^2 - 4} \\ U_2^* = \frac{\phi \sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_2}} C_{0d} + 2C_{0s}}{\phi^2 - 4} \end{cases} \quad (5-11)$$

(4) 最优消费者（物流服务需求方）剩余  $G_1^*$  和最优生产者（物流服务提供商）剩余  $G_2^*$  是：

$$G_1^* = \frac{\phi^2 \theta_2 C_{0s}^2 + 4\phi \sqrt{\theta_1 \theta_2} C_{0d} C_{0s} + 4\theta_1 C_{0d}^2}{2(4 - \phi^2)^2} \quad (5-12)$$

$$G_2^* = \frac{\phi^2 \theta_1 C_{0d}^2 + 4\phi \sqrt{\theta_1 \theta_2} C_{0d} C_{0s} + 4\theta_2 C_{0s}^2}{2(4 - \phi^2)^2} \quad (5-13)$$

其中  $\phi = (\beta_1 + \beta_2 + \gamma) \sqrt{\theta_1 \theta_2} q$ ,  $\phi_1 = \beta_1 \sqrt{\theta_1 \theta_2} q$ ,  $\phi_2 = (\beta_2 + \gamma) \sqrt{\theta_1 \theta_2} q$ ,  $\varphi = \beta_2 + \gamma - \beta_1$ ,

$C_{0d} = C_a + c_d + c_f = c_a + (c_1^j + c_1^k)q + c_d + c_f$ ,  $C_{0s} = C_b + c_{sp} = c_b + (c_2^j + c_2^k)q + c_s + c_e - p_2$ .

证明：当  $q \in \left(0, \frac{2}{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma) \sqrt{\theta_1 \theta_2}}\right)$ ，4PL 平台利润有最优解。因为

$\frac{\partial \pi}{\partial p_j} = \frac{\partial \pi}{\partial U_i} \cdot \frac{\partial U_i}{\partial p_j} (i=1,2, j=d,s)$ ，所以求  $\frac{\partial \pi}{\partial p_j} = 0 (j=d,s)$  等价于求

$\frac{\partial \pi}{\partial U_i} = 0 (i=1,2)$ 。于是最优定价满足一阶条件： $\frac{\partial \pi}{\partial U_1} = 0$  与  $\frac{\partial \pi}{\partial U_2} = 0$ ，得出式子(5-9)，

经过计算得到式(5-10)到(5-13)。

根据式子(5-9)可知，4PL 平台的定价结构主要受物流需求方得到的服务质量、交叉网络外部性、物流服务需求方和物流服务提供商加入 4PL 平台对自身所获效用的敏感系数、物流服务提供商得到的补贴比例及对双方的赋能成本影响。而且因为 4PL 平台给物流服务提供商提供补贴，所以 4PL 平台最优价格结构会向物流服务提供商倾斜，即会向物流服务提供商收取更高的价格，也就有“价格结构不对称性”，和 Armstrong M<sup>[12]</sup>研究结论相符。在双方用户愿意加入 4PL 平台生态系统中且对物流服务提供商采用两部收费制的情况下，交叉网络外部性对 4PL 平台定价有着重要意义，这和 Armstrong M<sup>[12]</sup>的结论相符。而且，4PL 平台

投入赋能成本的多少主要体现在 4PL 平台为供需双方提供服务及物流服务质量的好坏上，所以 4PL 平台会对投入赋能成本高的一方收取更高的价格。

### 5.3.2 4PL 平台赋能成本的影响分析

**结论 2:** 当服务质量  $q$  满足不等式  $\begin{cases} 0 < (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\sqrt{\theta_1\theta_2}q < 2 \\ 0 < q < 1 \end{cases}$ ，4PL 平台对

物流服务需求方收取的服务价格是 4PL 平台对物流服务需求方投入赋能成本的增函数，也是 4PL 平台对物流服务提供商投入赋能成本的增函数；物流服务提供商的最优服务价格是 4PL 平台对物流服务需求方投入的赋能成本的减函数，是 4PL 平台对物流服务提供商投入的赋能成本的增函数。

**证明:** 对式子(5-9)分别求出物流服务需求方的赋能成本  $c_1$  和物流服务提供商的赋能成本  $c_2$  的一阶导数：

$$\begin{cases} \frac{\partial p_d^*}{\partial c_1} = \frac{[2 - \beta_1(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2]q}{4 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2} \\ \frac{\partial p_d^*}{\partial c_2} = \frac{(\beta_2 + \gamma - \beta_1)\theta_2q^2}{4 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2} \\ \frac{\partial p_s^*}{\partial c_1} = \frac{-(\beta_2 + \gamma - \beta_1)\theta_1q^2}{4 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2} \\ \frac{\partial p_s^*}{\partial c_2} = \frac{[2 - (\beta_2 + \gamma)(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2]q}{4 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2} \end{cases} \quad (5-14)$$

通过判断  $(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2$  与 4 的大小关系以及  $\beta_1(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2$ ,  $(\beta_2 + \gamma)(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2$  与 2 的大小关系，可以看出偏导数的正负情况。于是上述大小关系的可能性被分为四种进行讨论：

$$(1) \quad 0 < (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2 < 4, 0 < \beta_1(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 2 \text{ 且 } 0 < (\beta_2 + \gamma)(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 2$$

$$(2) \quad 0 < (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2 < 4, 2 < \beta_1(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 4 \text{ 且 } 2 < (\beta_2 + \gamma)(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 4$$

$$(3) \quad 0 < q < \frac{2}{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\sqrt{\theta_1\theta_2}} < 1, 0 < \beta_1(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 2 \text{ 且 } 0 < (\beta_2 + \gamma)$$

$$(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 2$$

$$(4) \quad 0 < q < \frac{2}{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\sqrt{\theta_1\theta_2}} < 1, 2 < \beta_1(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 4 \text{ 且 } 2 < (\beta_2 + \gamma)$$

$$(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 4$$

在 (2) 的条件下, 由  $2 < \beta_1(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 4$  且  $2 < (\beta_2 + \gamma)(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2 < 4$  可知,  $4 < (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2 < 8$ , 但是和  $0 < (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2 < 4$  是矛盾的, 所以我们在讨论偏导数正负时不考虑这种情况, 同理, 情况 (4) 也舍去。

而在 (1) 和 (3) 条件下, 经过计算可知:

$$\frac{\partial p_d^*}{\partial c_1} > 0, \frac{\partial p_d^*}{\partial c_2} > 0, \frac{\partial p_s^*}{\partial c_1} < 0, \frac{\partial p_s^*}{\partial c_2} > 0 \quad (5-15)$$

即证结论 2。

保证  $(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)$  一定, 通过调整  $\theta_i$  ( $i=1,2$ ) 的大小来表示 (1) 与 (3) 的情况。因为  $\theta_i$  ( $i=1,2$ ) 表示双边用户加入 4PL 平台对自身所获效用的敏感系数, 其数值越大, 4PL 平台上用户数量越多。

**结论 2 说明** 4PL 平台同时对物流服务需求方和物流服务提供商赋能成本增加时, 物流服务需求方得到最优服务的价格一定会上升; 但是物流服务提供商的最优服务价格取决于 4PL 平台对物流服务需求方投入的赋能成本和对物流服务提供商投入的赋能成本影响程度的大小, 若物流服务需求方赋能成本影响较大, 则物流服务提供商最优服务价格随赋能成本的升高而下降, 若物流服务提供商赋能成本影响较大, 则物流服务提供商最优服务价格随赋能成本的升高而上升。

和结论 2 一样, 经过证明可得结论 3 和结论 4。

**结论 3:** 最优消费者剩余会随着 4PL 平台对物流服务需求方赋能成本的增大而增加, 同样也会随着 4PL 平台对物流服务提供商投入赋能成本的增大而增加。

**结论 4:** 最优生产者剩余会随着 4PL 平台对物流服务需求方赋能成本的增大

而增加，也会随着 4PL 平台对物流服务提供商赋能成本的增大而增加。

结论 3 和结论 4 说明，4PL 平台增加对物流服务需求方和物流服务提供商的赋能成本，使得物流服务需求方和物流服务提供商获得更优质的服务，从而会提高物流服务需求方和物流服务提供商的满意度，从经济学的角度上来说就是提高了消费者剩余和生产者剩余。

**结论 5:** 4PL 平台的最大利润是其对物流服务需求方赋能成本的增函数，也是对物流服务提供商赋能成本的增函数。

证明：根据式子(5-10)求解出物流服务需求方赋能成本  $c_1$  和物流服务提供商赋能成本  $c_2$  的一阶导数：

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi^*}{\partial c_1} = \frac{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2(c_b + c_2q + c_s + c_e - p_2) + 2\theta_1q(c_a + c_1q + c_d + c_f)}{4 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2} \\ \frac{\partial \pi^*}{\partial c_2} = \frac{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\theta_1\theta_2q^2(c_a + c_1q + c_d + c_f) + 2\theta_2q(c_b + c_2q + c_s + c_e - p_2)}{4 - (\beta_1 + \beta_2 + \gamma)^2\theta_1\theta_2q^2} \end{cases} \quad (5-16)$$

在  $\beta_2 + \gamma - \beta_1 > 0$  和  $0 < q < \frac{2}{(\beta_1 + \beta_2 + \gamma)\sqrt{\theta_1\theta_2}} < 1$  条件下，得出：

$$\frac{\partial \pi^*}{\partial c_1} > 0, \frac{\partial \pi^*}{\partial c_2} > 0 \quad (5-17)$$

证明了结论 5。

由结论 5 可知，在双边市场条件下，4PL 平台为提高服务质量而投入的赋能成本，可以带来 4PL 平台利润的增加。由结论 2、3、4 可知，赋能成本的增加会导致 4PL 平台向双方用户收取较高的价格，但是双方用户满意度提升后会激励 4PL 平台生态系统外其他用户加入到 4PL 平台生态系统中来，4PL 平台网络外部性增强，在两者共同作用下 4PL 平台利润增加，从而实现整个平台生态系统持续发展。

## 5.4 数值模拟分析

通过数值模拟分析，验证结果和模型的正确性；在数值模拟参数取值的时候，需要它们满足假设（4）和（5）、情况（1）和（3）不等式以及网络外部性参数



的约束情况等，同时，数值参数选取符合物流服务市场， $c_a = 50, c_a = 60, p_2 = 50$   
 $\gamma = 0.5, c_d = 6, c_f = 4, \beta_1 = 0.4, q = 0.8, c_s = 8, c_s = 4, \beta_2 = 0.6, t = 200$ 。

除以上参数外，还要满足 Hessian 矩阵  $H(\pi)$  负定的条件，分两种情况进行数值分析。第一种是 4PL 平台利润最大化模型的情况(1)，取  $\theta_1 = 0.7, \theta_2 = 1.4$ ，第二种 4PL 平台利润最大化模型的情况(3)，取  $\theta_1 = 0.8, \theta_2 = 1.6$ ，把情况(1)与情况(3)作为对照，并将  $\theta_i(i=1,2)$  理解为 4PL 平台用户规模来分析。当研究物流服务需求方赋能成本变化时，取  $c_2=100$ ；当研究在物流服务提供商赋能成本变化时，取  $c_1=100$ 。通过 Matlab R2021b 编程绘制出图 5.1 至图 5.9。

### 5.4.1 最优价格下的算例分析与 4PL 平台定价策略

4PL 平台对物流需求方赋能成本与其对物流服务需求方和物流服务提供商制定的最优价格的关系如图 5.1 所示，4PL 平台对物流服务提供商赋能成本与其对物流服务需求方和物流服务提供商制定的最优价格的关系如图 5.2 所示。

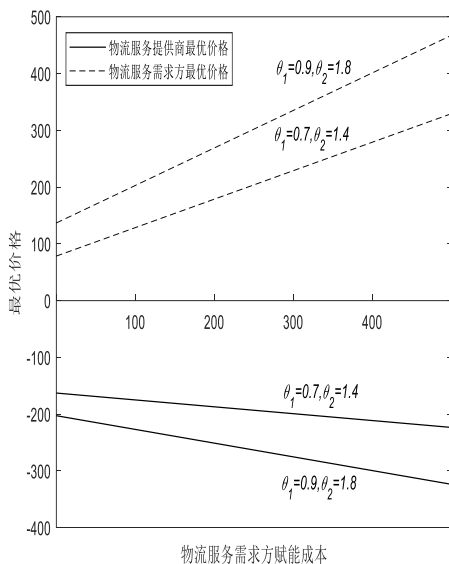


图5.1 物流服务需求方赋能成本对4PL 平台最优服务价格的影响

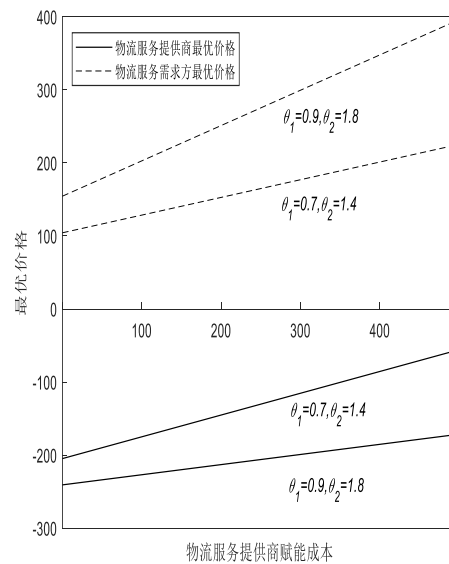
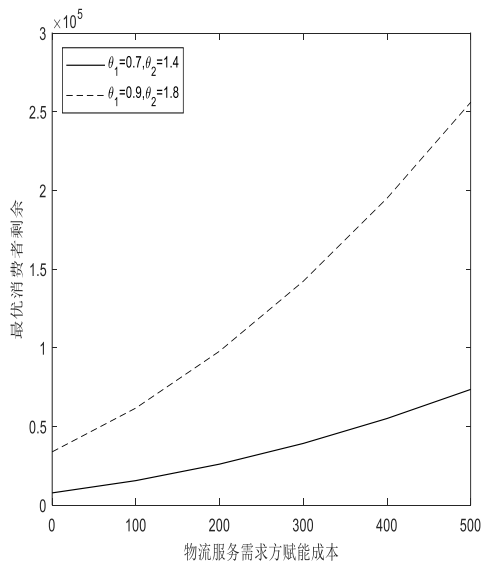


图 5.2 物流服务提供商赋能成本对 4PL 平台最优服务价格的影响

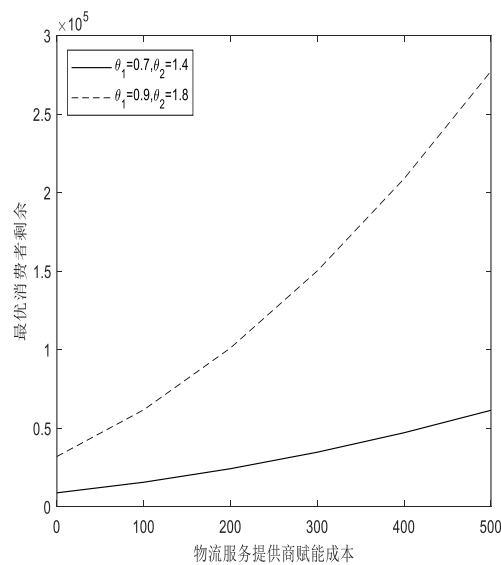
图 5.1 和 5.2 表示，4PL 平台对物流服务需求方的最优价格和对物流服务需求方的赋能成本呈正相关关系，4PL 平台对物流服务提供商的最优价格和对物流服务提供商的赋能成本也呈正相关关系。通过图 5.1 可知，随着 4PL 平台生态系统中用户规模变大，物流服务需求方赋能成本对物流服务需求方的最优价格影响变大（斜率更大）；而通过图 5.2 可知，用户规模越大，物流服务提供商赋能成本对物流服务提供方的最优价格影响越小（斜率更小）。通过观察图 5.1 和图 5.2 可知，同一用户规模下，物流服务需求方的赋能成本对物流服务需求方最优价格的影响比物流服务提供商的赋能成本对其的影响大很多，而物流服务提供商的赋能成本对自身最优价格具有重要影响。

根据对图 5.1 和 5.2 的分析，证明了本章的结论 2。因此，4PL 平台在做定价决策时，对物流服务需求方和物流服务提供商的最优价格要考虑对其的赋能成本，并且可以通过增加物流服务需求方和物流服务提供商赋能成本实现对双方制定较高的价格。而且在用户规模较大时可以对物流服务需求方制定高价，在用户规模较小时可以对物流服务提供商定高价。

### 5.4.2 最优剩余下的算例分析与 4PL 平台定价策略



5.3 物流服务需求方赋能成本对最优消费者的影响



5.4 物流服务提供商赋能成本对最优消费者的影响

图 5.3 和图 5.4 表示的是最优消费者剩余和 4PL 平台赋能成本的关系。由上

述两图可以得出,随着物流服务需求方赋能成本的增加,最优消费者剩余会增加,同样物流服务提供商赋能成本的增加,最优消费者剩余也会增加;随着用户规模的增大,最优消费者剩余越大;物流服务提供商赋能成本对最优消费者剩余的影响大于物流服务需求方对最优消费者剩余的影响。

根据上述说明,物流服务需求方的最优消费者剩余下的算例分析证明了结论 3。因此,4PL 平台可以合理地增大对双方赋能成本,从而增加物流服务需求方的消费者剩余,激励更多 4PL 平台外的物流服务需求方加入到 4PL 平台上来,增强物流服务需求方对物流服务提供商的网络外部性,这是 4PL 平台在推动 4PL 平台生态系统发展中必须要解决的问题。同时当双方用户规模较大时,4PL 平台加大对物流服务提供商的赋能,这样 4PL 平台上最优消费者剩余能够得到更多增加。

最优生产者剩余与物流服务需求方赋能成本和物流服务提供商赋能成本也相关,具体如下图 5.5 和 5.6 所示。

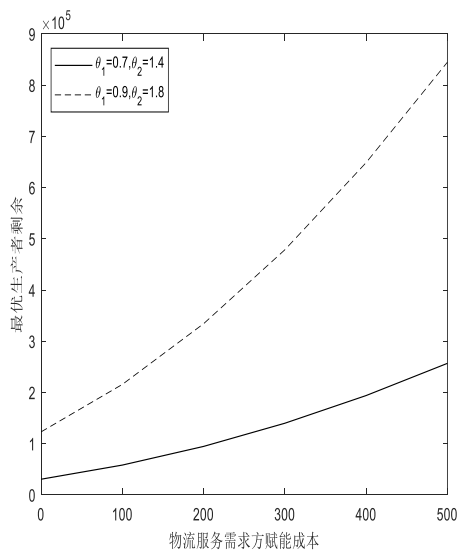


图5.5 物流服务需求方赋能成本对最优生产者剩余的影响

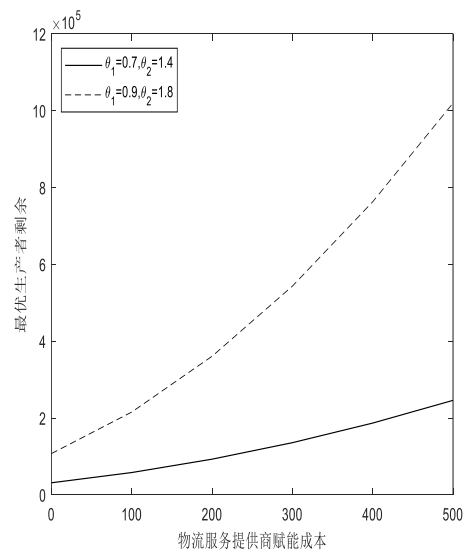


图5.6 物流服务提供商赋能成本对最优生产者剩余的影响

由图 5.5 和 5.6 可得,最优生产者剩余是 4PL 平台对物流服务需求方赋能成本和物流服务提供商赋能成本的增函数,而且,用户规模会影响最优生产者剩余,随着用户规模的变大,物流服务提供商的最优剩余会变大。对比图 5.5 和图 5.6

可以看出,物流服务提供商的赋能成本比物流服务需求方的赋能成本对最优生产者剩余的影响更大。

通过上述分析,物流服务提供商的最优生产者剩余下的算例分析与前述结论 4 一致。所以,4PL 平台应该在双方用户规模较大时加大对物流服务提供商赋能成本的投入。此外,增加对物流服务需求方的赋能成本也能增加最优生产者剩余,并且物流服务提供商的满意度也会提高,而且也增强了物流服务提供商对物流服务需求方的网络外部性。

### 5.4.3 最大利润下的算例分析与 4PL 平台定价策略

最后 4PL 平台的最大利润与物流服务需求方赋能成本和物流服务提供商赋能成本的关系分别如图 5.7 和 5.8 所示。

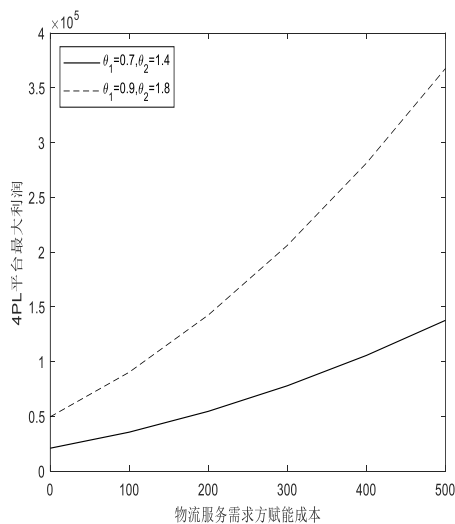


图 5.7 物流服务需求方赋能成本对  
4PL 平台最大利润的影响

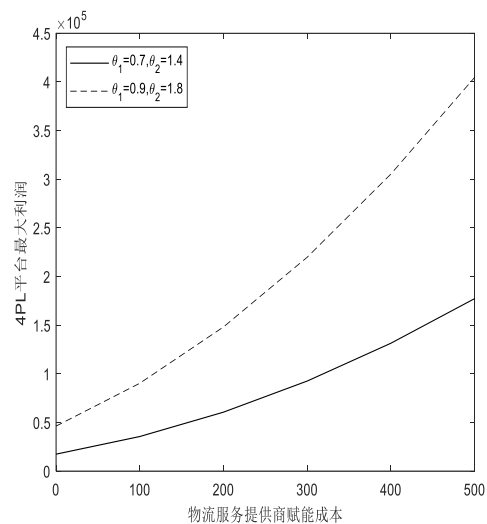


图 5.8 物流服务提供商赋能成本对  
4PL 平台最大利润的影响

由图 5.7 可以看出,4PL 平台最大利润函数是物流服务需求方赋能成本的增函数,即随着物流需求者赋能成本的增大,4PL 平台最大利润也会增大,并且当 4PL 平台生态系统的用户规模越大,4PL 平台利润越高。从图 5.8 可以看出,4PL 平台最大利润函数也是物流服务提供商赋能成本的增函数,同样物流服务提供商赋能成本的增大,4PL 平台最大利润也会增大,并且随着生态系统用户规模越大,

4PL 平台利润越高。综合图 5.8 和 5.9 可以看出,物流服务提供商赋能成本对 4PL 平台最大利润的影响更大,4PL 平台增大对物流服务提供商赋能成本可以带来更高的利润收益。

所以,4PL 平台最大利润下的算例分析与前述结论 5 一致。4PL 平台在进行定价时可以做如下决策:当 4PL 平台生态系统中用户规模较大时,可以加大对物流服务需求方和物流服务提供商赋能成本的投入,因此可以对供需双方制定高价;和物流服务需求方相比,4PL 平台向物流服务提供商赋能得越多,收取的价格就越高,获得的利润就越大。

通过分析 4PL 平台最优定价、最优消费者剩余、最优生产者剩余、平台最大利润和 4PL 平台的赋能成本的关系可以得出,4PL 平台对双方用户投入越多的赋能成本,就会对双方收取高价格,同时,由于双方的满意度增加,4PL 平台网络外部性也会增强,在两者共同推动下,4PL 平台利润会变大。

进一步探讨物流服务需求方的赋能成本和物流服务提供商的赋能成本对 4PL 平台最大利润的共同影响,如图 5.9 所示。

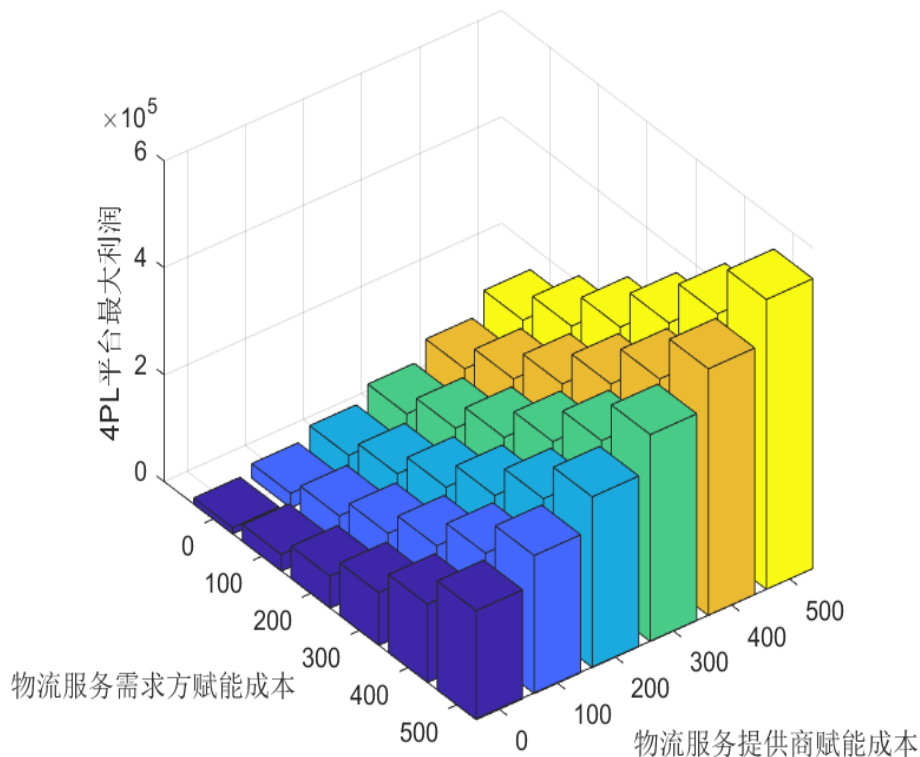


图 5.9 物流服务需求方赋能成本和物流服务提供商赋能成本对 4PL 平台最大利润的影响

从图 5.9 可以看出物流服务需求方和物流服务提供商对 4PL 平台最大利润的共同影响, 4PL 平台最大利润会随着物流服务需求方和物流服务提供商赋能成本的增加而增加。这与上面分析供需双方中的单方对 4PL 平台最大利润影响的结论一致, 这说明 4PL 平台对物流服务需求方和物流服务提供商进行赋能有利于 4PL 平台的长远发展。

## 5.5 本章小结

本章在 4PL 平台生态系统背景下, 引入赋能成本的概念, 研究了平台利润最大化下物流需求方和物流服务提供商定价的最优决策, 以及 4PL 平台赋能成本对最优定价、最优消费者剩余、最优生产者剩余、4PL 平台最大利润、4PL 平台生态系统发展的影响。

本章所得主要结论如下: (1) 4PL 平台对任意一方赋能成本投入的增加会使 4PL 平台向该方用户收取较高的价格, 而且在用户规模较小时可以对物流服务提供商定高价, 在用户规模较大时可以对物流服务需求方制定高价; (2) 4PL 平台对双方用户赋能成本投入的增加会使得物流服务需求方和物流服务提供商的方体验感提高, 激励平台外的其他用户加入到 4PL 平台生态系统中来, 4PL 平台生态系统网络外部性增强; (3) 对赋能成本的增加, 会使 4PL 平台对物流服务需求方和物流服务提供商制定高价并且生态系统的网络外部性增强, 最终 4PL 平台会实现利润最大化。而且对于 4PL 平台来说, 向物流服务提供商增加赋能比向物流服务需求方增加赋能所获得的利润更大, 所以 4PL 平台可以考虑对物流服务提供商赋能成本的投入加大力度。结合结论 (2) 增加赋能成本可以增强网络外部性, 也能使 4PL 平台获得最大利润, 从而推动生态系统可持续发展。

## 6 结论与展望

### 6.1 主要结论

本文首先对研究背景、研究意义等进行详细描述。之后通过查阅相关文献与资料对本文中需要用到的商业生态系统理论、演化博弈理论、系统动力学等相关理论进行介绍。并通过文献分析法对企业间合作关系、4PL 平台、平台生态系统三个方向的文献进行归纳与总结，在此基础上提出本文研究内容，即 4PL 平台生态系统模型的构建、4PL 平台生态合作、4PL 平台定价策略的研究。主要的研究结论如下：

(1) 构建双方合作演化博弈模型，通过对双方的演化稳定策略及均衡点进行分析，得出以下结论：4PL 平台、物流服务提供商所采用的具体策略决定着整个系统演化的方向，并且两者决定采用的策略会相互影响；随着双方超额收益、损失成本的提高以及额外成本减少，4PL 平台和物流服务提供商采取（生态合作，合作）的策略集的可能性会增加，并且（生态合作，合作）的策略集对于双方来说是最优选择，这一结论也就解释了越来越多的物流服务提供商愿意和菜鸟网络进行生态合作的现象。

(2) 研究了考虑赋能成本下的 4PL 平台定价策略。得出如下结论：4PL 平台对任意一方用户赋能成本的增加会使 4PL 平台向该方用户收取较高的价格，而且在用户规模较小时可以对物流服务提供商定高价，在用户规模较大时可以对物流服务需求方制定高价；随着赋能成本的增加也会使得物流服务需求方和物流服务提供商的用户体验感提高，激励平台生态系统外的其他用户加入到 4PL 平台生态系统中来，4PL 平台生态系统网络外部性增强，4PL 平台也能获得最大利润；最终 4PL 平台获得了利润，物流服务提供商和物流服务需求方满意，4PL 平台生态系统外的用户愿意加入到 4PL 平台生态系统中来，从而 4PL 平台生态系统能够实现可持续发展。

## 6.2 研究展望

文章在商业生态系统理论的基础上，将商业生态系统理论延伸至 4PL 平台的研究上。虽然取得一定的成果，但依旧有很多不足，在深度和广度上还有很大的提升空间：

(1) 在构建 4PL 平台与物流服务提供商合作演化博弈模型时，可能考虑的影响因素不是很全面，未来可以多结合 4PL 平台和物流服务提供商的特性，寻找更多影响他们选择生态合作的影响因素，引入到演化博弈模型中进行研究。

(2) 在研究考虑赋能成本的定价策略时，在章节最后也进行数值模拟分析，虽然也通过收集一些数据验证模型的正确性，但是由于条件限制，缺乏实际案例分析。后续研究可以增加实地的调研，搜集相关真实案例和更加精确的数据。

本文虽然对 4PL 平台生态系统有了一定的研究，但是随着经济社会的发展，商业生态系统肯定会出现新的内涵，所以还是存在一定的不足，希望在后续研究中可以突破本文局限，为物流服务的研究和发展贡献更多力量。



## 参考文献

- [1] 华中生.网络环境下的平台服务及其管理问题[J].管理科学学报,2013,16(12):1-12.
- [2] 王之泰.物流平台的地位和作用[J].中国物流与采购,2005(11):56-57.
- [3] Alchian A A , Demsetz H . Production, Information Costs, and Economic Organization[J]. IEEE Engineering Management Review, 1972, 62(2):777-795.
- [4] Richardson G. B.The Organization of Industry[J]. Economic Journal, 1972, 82(327): 883-896.
- [5] 李柏洲,尹士,曾经纬,罗小芳.基于 SEM 和 B-Z 反应的集成供应链合作创新机制与动态演化研究——集成供应链关系质量视角[J].中国管理科学,2020,28(02):166-177.
- [6] 杨震宁,赵红,刘昕颖.技术战略联盟的驱动力、合作优化与联盟稳定[J].科学学研究,2018,36(04):691-700.
- [7] Williamson P J, De Meyer A. Ecosystem advantage: How to successfully harness the power of partners[J]. California management review, 2012, 55(1): 24-46
- [8] 刘雪梅.联盟组合:价值创造与治理机制[J].中国工业经济,2012(06):70-82.
- [9] 孙国强.网络组织理论与治理研究[M].北京: 经济科学出版社,2016.
- [10] 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.
- [11] Armstrong M.Competition in two-sided markets[J].The RAND Journal of Economics,2006,37(3):668-691.
- [12] Boudreau K.Open platform strategies and innovation:Granting access vs. devolving control[J]. Operations Research, 2010, 56(10):1849-1872.
- [13] 王节祥,蔡宁.平台研究的流派、趋势与理论框架——基于文献计量和内容分析方法的诠释[J].商业经济与管理,2018(03):20-35.
- [14] 孟昌,翟慧元,曲寒瑛.平台竞争中的匹配技术、开放策略选择与绩效[J].产经评论,2021,12(02):16-27.
- [15] 刘会新,王笑笑.平台服务质量对双边平台竞争结果的影响研究[J].运筹与管理,2020,29(11):232-239.

- [16] 朴庆秀,孙新波,苏钟海,董凌云,张金隆.制造企业智能制造平台化转型过程机理研究[J].管理学报,2020,17(06):814-823.
- [17] 甘卫华,曹坪,李春芝.基于演化博弈的中小型货运企业平台化转型研究[J].华东交通大学学报,2021,38(05):8-15.
- [18] 罗珉,杜华勇.平台领导的实质选择权[J].中国工业经济,2018(02):82-99.
- [19] 张镒,刘人怀,陈海权.商业生态系统中的平台领导力影响因素——基于扎根理论的探索性研究[J].南开管理评论,2020,23(03):28-38+131.
- [20] 张顺,费威,佟烁.数字经济平台的有效治理机制——以跨境电商平台监管为例[J].商业研究,2020(04):49-55.
- [21] 汪旭晖,张其林.平台型网络市场中的“柠檬问题”形成机理与治理机制——基于阿里巴巴的案例研究[J].中国软科学,2017(10):31-52.
- [22] 王先甲,余子鹤.网络外部性条件下差异化双边平台买者参与问题[J].运筹与管理,2018,27(04):1-9.
- [23] 张千帆,于晓娟,张亚军.网络平台企业合作的定价机制研究——基于多归属情形[J].运筹与管理,2016,25(01):231-237.
- [24] 曲振涛,周正,周方召.网络外部性下的电子商务平台竞争与规制——基于双边市场理论的研究[J].中国工业经济,2010(04):120-129.
- [25] 曹俊浩,陈宏民,石彼得.基于双边市场理论的网络外部性分类及其强度研究[J].上海交通大学学报,2010,44(12):1661-1664.
- [26] 郭三党,刘思峰,方志耕.基于双边市场理论的网络团购定价策略分析[J].系统工程,2016,34(01):77-83.
- [27] 程贵孙.组内网络外部性对双边市场定价的影响分析[J].管理科学,2010,23(01):107-113.
- [28] 丁雪峰,陈前程.服务商组内网络外部性与物流双边平台定价策略及影响研究[J].管理评论,2021,33(03):292-306.
- [29] 徐鲲,丁慧平,鲍新中,张诗岳.基于第四方物流双边平台的供应链融资模式及收益分配研究[J].北京交通大学学报(社会科学版),2016,15(04):93-101.
- [30] 张莹.第四方物流平台内企业利益分配影响因素研究[D].华侨大学,2017.
- [31] 桂馨.第四方物流平台的价值研究[D].华侨大学,2017.
- [32] Choudary S P , Alstyne M W V , Parker G G . Platform revolution: how networked

- markets are transforming the economy-and how to make them work for you[M]. W. W. Norton & Company, 2016.
- [33] Hoffmann W,Lavie D,Reuer J, et al. The Interplay of Competition and Cooperation[J]. Strategic Management Journal, 2018, 39(12):3033-3052.
- [34] Gawer A, Cusumano M A .Industry Platforms and Ecosystem Innovation[J]. Journal of Product Innovation Management, 2014, 31(3); 417-433.
- [35] Ville, Eloranta, Taija, et al. Platforms in service-driven manufacturing: Leveraging complexity by connecting, sharing, and integrating[J]. Industrial Marketing Management, 2016,55(4):178–186.
- [36] Thomas L D W , Autio E , Gann D M . Architectural Leverage: Putting Platforms in Context[J]. IEEE Engineering Management Review, 2014, 42(4):18-40.
- [37] Cennamo C ,Santalo J . Platform competition: Strategic trade-offs in platform markets[J]. Strategic Management Journal, 2013, 34(11) :1331–1350.
- [38] Adner R , Kapoor R . Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations[J]. Strategic Management Journal, 2010, 31(3) :306-333.
- [39] Eisenmann T R , Parker G , Alstyne M . Platform Envelopment[J]. Social Science Electronic Publishing, 2011, 32(12):1270–1285.
- [40] Adner R. Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy[J]. Journal of management, 2017, 43(1): 39-58.
- [41] Gawer A , Cusumano M A .How Companies Become Platform Leaders[J]. MIT Sloan Management Review, 2008,49(2):28-35.
- [42] 董津津,陈关聚.技术创新视角下平台生态系统形成、融合与治理研究[J].科技进步与对策,2020,37(20):20-26.
- [43] 王慧颖.基于传化物流案例的物流信息平台生态系统演化机理研究[J].科技促进发展,2020,16(06):679-688.
- [44] 石海瑞,孙国强,张宝建.平台生态系统演化的基模构建及政策解析[J].中国科技论坛,2018(07):113-123.
- [45] 万兴,邵菲菲.数字平台生态系统的价值共创研究进展[J].首都经济贸易大学学

- 报,2017,19(05):89-97.
- [46] 宁连举,孙中原,肖朔晨.平台生态系统中用户价值体系的形成与驱动机制研究——基于用户契合视角[J].东北大学学报(社会科学版),2019,21(05):470-479.
- [47] 王新新,张佳佳.价值涌现:平台生态系统价值创造的新逻辑[J].经济管理,2021,43(02):188-208.
- [48] 戴勇,刘颖洁.基于组态分析的数字平台生态系统内部治理因素及效果研究[J].科研管理,2022,43(02):46-54.
- [49] Moore J F. The rise of a new corporate form[J]. Washington quarterly, 1998, 21(1): 167-181.
- [50] 詹姆斯·弗·穆尔,梁骏,杨飞雪,等.竞争的衰亡:商业生态系统时代的领导与战略[M].北京:北京出版社,1999.
- [51] 杨忠直.企业生态学引论[M].北京:科学出版社,2003.
- [52] 凡勃仑.有闲阶级论——关于制度的经济研究(中译本)[M].北京:商务印书馆,1981.
- [53] Arrow K.J.Social Choice and Personal Values[M].New York:Willy,1951.
- [54] Simon H A. Administrative behavior[J]. AJN The American Journal of Nursing, 1950, 50(2): 46-47.
- [55] H. A. B,Fisher R. A.. The Genetical Theory of Natural Selection.[J]. Journal of the Royal Statistical Society,1931,94(1):98-100.
- [56] Smith J R M . The Logic of Animal Conflict[J]. Nature, 1973, 246(5427):15-18.
- [57] 黄民礼.双边市场与市场形态的演进[J].首都经济贸易大学学报,2007(03):43-49.
- [58] 周德良,杨雪.平台组织:产生动因与最优规模研究[J].管理学报,2015,28(06):54-58.
- [59] 刘伟华.物流服务供应链能力合作的协调研究[D].上海交通大学,2007.
- [60] 齐恒.集装箱多式联运中物流企业协调问题研究[J].实验技术与管理,2010,27(12):236-238.
- [61] 张立岩.区域科技创新平台生态系统发展模式与机制研究[D].哈尔滨理工大学,2015.
- [62] 邵云飞,霍丽莎.突破性创新的生态系统动态演化及实现机制——关系嵌入与

- 组织合作适配视角[J].管理案例研究与评论,2018,11(4):319-332.
- [63] 吴瑶,肖静华,谢康,等.从价值提供到价值共创的营销转型——企业与消费者协同演化视角的双案例研究[J].管理世界,2017,283(4):138-157.
- [64] D Friedman. Evolutionary Game in Economics[J]. Econometrica, 1991,59(3):637-666.
- [65] 谢识予.经济博弈论(第4版)[M].上海:复旦大学出版社,2017:258-283
- [66] 付帅帅,陈伟达,王丹丹.跨境电商物流供应链协同发展研究[J].东北大学学报(社会科学版),2021,23(01):52-60.
- [67] 李安渝,高静,张昭.共享平台与中小企业价值共创的演化博弈分析——基于共享经济视角[J].工业技术经济,2021,40(06):98-107.
- [68] 高素英,张焯,金相杉.技术赋能视角下企业服务生态系统动态演化机理研究[J].科学学与科学技术管理,2021,42(04):104-126.
- [69] 肖迪,陈瑛,王佳燕,鲁其辉.考虑平台数据赋能的电商供应链成本分担策略选择研究[J].中国管理科学,2021,29(10):58-69.
- [70] 缪沁男,魏江,杨升曦.服务型数字平台的赋能机制演化研究——基于钉钉的案例研究[J].科学学研究,2022,40(01):182-192.
- [71] 周文辉,邓伟,陈凌子.基于滴滴出行的平台企业数据赋能促进价值共创过程研究[J].管理学报,2018,15(08):1110-1119.
- [72] 胡强,谢家平,张广思.电商平台与竞争性商家数据赋能策略研究[J/OL].中国管理科学:1-14[2022-03-30].

## 致谢

转眼间，研究生的学习生活接近尾声，此时的我心情复杂，既有对过去的不舍，又有对未来的期待，最多的还是感谢。

要感谢的有很多，首先要感谢的就是我的导师曹晓军教授，从未嫌弃过我的愚笨，永远都在用耐心和包容来对待我，感谢您对我的鼓励和信任，不仅在学业上对我耐心指导，而且在生活中给我无微不至的关怀。在我撰写论文遇到困难时，您总是给我提出中肯的建议，并帮助我顺利完成了论文，无论是学术水平，还是专业素质，您都是业内的佼佼者，能够得到您的教诲令我倍感荣幸，荣幸之余更是感动，新的未来或许并不容易，但对我来说那也是新的开始，您的叮嘱我会牢记，我将继续前行，不给您丢人。

其次要感谢的是同实验室的彭会萍、张克宏老师，感谢两位老师在这三年对我的照顾。因为我在论文写作中语言表达能力较差，彭老师会耐心的为我修改文字。同时作为一名女性教师，彭老师更加关注我们的情感和生活，并且经常给我们带一些当地的特产，彭老师的悉心教导也令我受益匪浅。

感谢遇到来自天涯海北的实验室小伙伴们，和你们并肩作战的日子弥足珍贵。感谢师姐们，在遇到很多具体研究问题的时候，给予了我很多细致的帮助，感谢同门、师妹、师弟们在研究生期间对我的帮助，感谢你们！

感谢学院的韩金仓、石褚巍、秦仪燕老师以及所有任课老师对我的鼓励与帮助。

感谢室友和同学们三年的陪伴和帮助！未来可能会天各一方，但至少心里永远惦记着你们，再一次感谢。

感谢我的父母、舅舅及其他家人，养育之恩无以回报，只希望未来能有更多机会来弥补在外求学的遗憾，感恩你们的开明、尊重和引导，在我的低谷期能够永远坚定的支持我陪伴我，在你们的庇护下我能健康成长。

致谢部分的每一个字都是我的肺腑之言，感谢每一位答辩老师的耐心阅读，我从这里带走了知识，接下来我要好好努力让我的知识成就我。

## 攻读硕士学位期间发表论文及科研情况

- 1、曹晓军, 顾振辉, 李雅梦, 彭会萍. 4PL 平台与物流服务提供商合作演化博弈研究[J]. 商学研究, 2021, 28(06):22-33.
- 2、彭会萍, 李雅梦, 顾振辉. 考虑服务质量竞争的物流服务供应链契约协调机制研究[J]. 商学研究, 2021, 28(02):83-95.
- 3、参编中国财政经济出版社的《中国智慧物流》.
- 4、甘肃省科技厅自然科学基金项目, 20JR5RA205, 基于复杂网络的区域物流效率研究; 2020.10-至今, 主要参与者.
- 5、甘肃省科技厅软科学课题, 20CX4ZA059, 丝绸之路背景下甘肃物流集散能力研究; 2020.10-至今, 主要参与者.