

区块链技术下基于质量追溯的电商供应链协调机制研究

黄 华, 贡文伟

江苏大学管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2026年4月3日; 录用日期: 2026年4月18日; 发布日期: 2026年6月30日

摘 要

在电商平台快速发展与消费者质量意识提升的背景下, 电商供应链的质量追溯与协调面临挑战。针对上游供应商可能存在质量信息谎报行为引发的平台监管成本增加与利润分配冲突, 本文引入协调契约机制, 探索电商供应链的质量协同优化路径。通过构建由单一供应商与电商平台组成的两级供应链博弈模型, 本研究系统分析了在有无区块链技术投入下, 成本分担与收益共享两种契约对供应链协调、产品质量水平及成员利润的影响。主要结论如下: (1) 成本分担契约是实现供应链协调更为稳健的机制, 其在区块链引入前后均能有效协调系统, 而收益共享契约在引入区块链后协调条件更为苛刻。(2) 两种契约在引入区块链后均能提升供应链整体质量水平, 但在平台分担比例较低或相关成本较高时, 成本分担契约的提升效果更优。(3) 契约选择对成员利润的影响存在差异: 供应商的偏好取决于其成本分担比例与区块链水平; 平台在多数情况下从成本分担契约中获利更多, 但在收益共享契约中可通过提高共享比例获取更多利润。(4) 平台自身的质量追溯成本分担比例是影响契约绩效的核心内生变量, 而消费者质量偏好与区块链信任度等外部因素则通过不同路径调节决策与利润。

关键词

质量追溯, 区块链技术, 成本分担契约, 收益共享契约, 电商供应链

Research on Coordination Mechanism of E-Commerce Supply Chain Based on Quality Traceability under Blockchain Technology

Hua Huang, Wenwei Gong

School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: April 3, 2026; accepted: April 18, 2026; published: June 30, 2026

Abstract

Against the backdrop of rapid e-commerce platform development and increasing consumer awareness of product quality, the quality traceability and coordination of e-commerce supply chains face challenges. In response to the conflicts arising from increased platform supervision costs and profit distribution caused by suppliers' potential misreporting of quality information, this paper introduces coordination contract mechanisms to explore pathways for quality synergy optimization in the e-commerce supply chain. By constructing a two-level supply chain game model consisting of a single supplier and an e-commerce platform, this study systematically analyzes the impacts of two types of contracts—cost-sharing and revenue-sharing—on supply chain coordination, product quality level, and member profits, both with and without blockchain technology investment. The main conclusions are as follows: (1) The cost-sharing contract is a more robust mechanism for achieving supply chain coordination, effectively coordinating the system both before and after the introduction of blockchain, whereas the revenue-sharing contract imposes more stringent coordination conditions after blockchain adoption. (2) Both types of contracts improve the overall quality level of the supply chain after blockchain is introduced; however, the cost-sharing contract yields better improvement effects when the platform's sharing ratio is low or associated costs are high. (3) The impact of contract choice on member profits varies: the supplier's preference depends on its cost-sharing ratio and the level of blockchain adoption; the platform generally benefits more from the cost-sharing contract in most cases but can obtain greater profits under the revenue-sharing contract by increasing the sharing ratio. (4) The platform's own quality traceability cost-sharing ratio is a core endogenous variable influencing contract performance, while external factors such as consumer quality preference and blockchain trust level regulate decisions and profits through different pathways.

Keywords

Quality Traceability, Blockchain Technology, Cost-Sharing Contract, Revenue-Sharing Contract, E-Commerce Supply Chain

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在电商经济快速发展的背景下,消费者对商品质量、真伪及合规性的关注日益提升。然而,在实际的电商供应链运作中,上游供应商可能存在质量信息谎报或“以次充好”行为,以获取商业利益。为应对此风险,电商平台不得不对供应商进行严格的质量追溯与审核,以核实商品质量的真实性。这一过程产生了显著的额外成本,并引发了供应链利润分配的新矛盾:承担了主要追溯成本的电商平台,与可能存在谎报行为却未承担相应成本的供应商之间,产生了显著的公平关切问题。为化解这一矛盾,实现供应链协调与帕累托改善,设计有效的契约机制至关重要。

传统的供应链协调契约,如成本分担、收益共享等,在解决价格、质量、绿色投入等领域的协调问题上已得到广泛应用。收益共享契约方面,Cachon [1]证明收入共享契约和批发价格契约都可以有效地协调供应链。Gerchak [2]研究了收益共享契约与批发价格契约对于系统协调的效果,并对两种类型的契约进行了对比分析。Zhao [3]等考虑了零售商主导并基于寄售收益共享契约的定价策略。胡本勇[4]在单销售

商和双制造商的供应链系统中, 分别建立了收益共享与批发价格契约。王永龙[5]等研究了收益共享契约对于制造商应对突发事件的有效性。桑圣举[6]在考虑消费者价格参照效应下, 分析了绿色供应链的协调问题。

成本分担契约方面, Ghosh [7]等针对绿色偏好的消费者研究了成本分担契约对产品绿色水平的影响机制。Xu [8]等研究碳配额市场管制下的绿色供应链, 发现批发价契约和成本分担契约均可以协调供应链。张伟等利用博弈和激励机制研究成本分担契约下供应链收益情况。张强[9]等在关于供应链决策过程及其影响因素研究中, 则分别考虑损失规避、公平关切双重行为偏好, 以及回购契约、收益共享契约、成本分担契约 3 种契约方式。

近年来, 区块链技术因其去中心化、不可篡改和可追溯等特性, 被逐步引入供应链质量治理领域。部分学者开始关注区块链对供应链契约设计的影响。例如, 一些研究探讨了区块链在溯源信息透明化中的作用, 发现其可以降低信息不对称, 进而影响契约参数设置与协调条件。然而, 现有关于区块链与供应链契约结合的研究, 多聚焦于区块链的投资决策或信息共享价值, 而较少系统分析区块链技术如何与成本分担、收益共享等经典契约交互, 从而影响质量追溯背景下的供应链协调效果。特别是, 在应对兼具“质量追溯”与“区块链技术赋能”双重属性的电商供应链协调问题时, 现有研究尚显不足。具体理论缺口体现在: 第一, 缺乏对区块链技术引入前后两种契约协调效果的对比分析; 第二, 鲜有研究揭示区块链技术信任度、技术成本系数等参数对不同契约下成员决策与利润的差异化调节作用; 第三, 对于平台质量追溯成本分担比例这一核心内生变量在契约绩效中的非线性影响, 尚未得到充分挖掘。

鉴于此, 本研究聚焦于由供应商与电商平台构成的两级电商供应链。针对供应商可能的质量信息谎报行为, 以及平台由此产生的质量追溯成本与公平关切问题, 本研究旨在探索在有无区块链技术投入下, 成本分担与收益共享两种契约的协调效果; 揭示消费者质量偏好、区块链技术信任度、区块链技术成本系数、质量追溯成本系数等关键参数对供应链均衡决策与利润的影响, 并甄别不同情境下实现供应链协调的最优契约选择, 以期为电商行业构建透明、公平、高效的可追溯供应链提供理论依据与管理启示。

2. 问题描述

本文以单一供应商、单一电商平台和消费者组成的电商供应链为研究对象。在有无区块链技术投入两种情况下, 供应商提供具有一定质量水平的商品, 电商平台采用质量追溯策略对供应商的商品质量进行监督, 以确保商品质量信息的真实性。平台的质量追溯成本会产生供应链成员公平问题, 故本文设计成本分担与收益共享两种契约以实现供应链协调。供应商决定商品批发价格, 平台确定商品的零售价格并出售给消费者, 以实现自身利润最大化。

模型相关参数及含义如下: D 为商品市场需求量; e 为平台质量追溯水平; Q 为商品初始质量水平; b 为市场潜在需求量; c_s 为供应商生产商品的单位成本; c_m 为平台运营的单位成本; A 为区块链技术成本系数; k 为消费者对区块链技术信任系数; t 为区块链技术投入水平; λ 为供应商承担区块链技术成本比例; p 为商品销售价格; w 为供应商批发价格; B 为质量追溯成本系数; α 为消费者对质量商品的偏好; π_s 为供应商期望利润; π_m 为平台期望利润; θ 为平台承担质量追溯成本比例; ε 为供应商收益共享比例。

根据参考文献[10], 质量追溯成本是关于决策变量的二次函数的构造, 因此平台质量追溯成本为 Be^2 。在没有质量追溯且未投入区块链技术时, 产品需求量由产品的价格与初始质量水平共同决定, 因此产品需求函数为: $D = b - p + \alpha Q$ 。根据参考文献, 质量追溯可以提升产品感知质量水平, 提升消费者满意度, 从而扩大消费者产品需求, 此时产品需求函数为: $D = b - p + \alpha Qe$ 。当平台与供应商采用成本分担契约时: 平台质量追溯成本为 θBe^2 , 供应商质量追溯成本为 $(1 - \theta) Be^2$ 。

“区块链 + 追溯”平台的溯源机制能够实现商品流通过程可追溯, 提高消费者对质量商品的信任。根据参考文献[11], 区块链成本是关于决策变量的二次函数的构造, 因此区块链投入成本为 $\frac{1}{2}kt^2$, 其中供应商承担的成本为 $\frac{1}{2}\lambda kt^2$, 平台承担的成本为 $\frac{1}{2}(1-\lambda)kt^2$ 。区块链投入后, 由于消费者对商品的溯源过程清晰明朗, 所以部分消费者会转变观念, 更愿意购买可追溯的质量商品[12]。此时产品需求由产品价格、区块链投入水平和产品质量水平共同决定, 此时需求函数为: $D = b - p + \alpha Qe + kt$ 。

3. 模型构建及求解

供应商与平台博弈, 处于主导地位的供应商为供应链中的领导者, 平台是其跟随者, 本文采用逆向归纳法求解。

3.1. 不投入区块链技术情形下质量追溯成本分担模型(NDC)

该模型中, 供应商采购具有一定质量水平的商品以批发价格 w 出售给平台, 供应商不投入区块链技术, 平台将商品销售给消费者, 平台采用质量追溯策略监管供应商质量投入。供应商和平台的利润函数分别为:

$$\pi_s = (w - c_s)(b - p + \alpha Qe) - (1 - \theta)Be^2$$

$$\pi_m = (p - w - c_m)(b - p + \alpha Qe) - \theta Be^2$$

$$\text{求解得: } w^{NDC} = \frac{(4B\theta^2 + \alpha^2(1-2\theta)Q^2)(b - c_m) + \theta(4B\theta - \alpha^2Q^2)c_s}{8B\theta^2 + \alpha^2(1-3\theta)Q^2}, \quad e^{NDC} = \frac{\alpha\theta Q(-b + c_m + c_s)}{-8B\theta^2 + \alpha^2(-1+3\theta)Q^2}$$

$$p^{NDC} = \frac{6bB\theta^2 + b\alpha^2(1-2\theta)Q^2 + \theta(2B\theta - \alpha^2Q^2)(c_m + c_s)}{8B\theta^2 + \alpha^2(1-3\theta)Q^2}, \quad D^{NDC} = \frac{2B\theta^2(b - c_m - c_s)}{8B\theta^2 + \alpha^2(1-3\theta)Q^2}$$

$$\pi_m^{NDC} = \frac{B\theta^3(4B\theta - \alpha^2Q^2)(-b + c_m + c_s)^2}{(8B\theta^2 + \alpha^2(1-3\theta)Q^2)^2}, \quad \pi_s^{NDC} = \frac{B\theta^2(-b + c_m + c_s)^2}{8B\theta^2 + \alpha^2(1-3\theta)Q^2}$$

3.2. 投入区块链技术情形下质量追溯成本分担模型(YDC)

该模型中, 供应商采购具有一定质量水平的商品以批发价格 w 出售给平台, 供应商联合平台投入区块链技术, 平台将商品销售给消费者, 平台采用质量追溯策略监管供应商质量投入。供应商和平台的利润函数分别为:

$$\pi_s = (w - c_s)(b - p + \alpha Qe + kt) - \frac{1}{2}\lambda At^2 - (1 - \theta)Be^2$$

$$\pi_m = (p - w - c_m)(b - p + \alpha Qe + kt) - \theta Be^2 - \frac{1}{2}(1 - \lambda)At^2$$

$$\text{求解得: } t^{YDC} = \frac{2Bk\theta^2(-b + c_m + c_s)}{2B\theta^2(k^2 - 4A\lambda) + A\alpha^2(-1+3\theta)\lambda Q^2},$$

$$w^{YDC} = \frac{-A\lambda(4B\theta^2 + \alpha^2(1-2\theta)Q^2)(b - c_m) + \theta(2B\theta(k^2 - 2A\lambda) + A\alpha^2\lambda Q^2)c_s}{2B\theta^2(k^2 - 4A\lambda) + A\alpha^2(-1+3\theta)\lambda Q^2},$$

$$e^{YDC} = \frac{A\alpha\theta\lambda Q(-b + c_m + c_s)}{2B\theta^2(k^2 - 4A\lambda) + A\alpha^2(-1+3\theta)\lambda Q^2},$$

$$p^{YDC} = \frac{bA\lambda(-6B\theta^2 + \alpha^2(-1+2\theta)Q^2) + \theta(2B\theta(k^2 - A\lambda) + A\alpha^2\lambda Q^2)(c_m + c_s)}{2B\theta^2(k^2 - 4A\lambda) + A\alpha^2(-1+3\theta)\lambda Q^2},$$

$$D^{YDC} = \frac{2AB\theta^2\lambda(b - c_m - c_s)}{-2B\theta^2(k^2 - 4A\lambda) + A\alpha^2(1-3\theta)\lambda Q^2}, \quad \pi_s^{YDC} = \frac{AB\theta^2\lambda(-b + c_m + c_s)^2}{-2B\theta^2(k^2 - 4A\lambda) + A\alpha^2(1-3\theta)\lambda Q^2},$$

$$\pi_m^{YDC} = \frac{AB\theta^3(2B\theta(k^2(-1+\lambda) + 2A\lambda^2) - A\alpha^2\lambda^2 Q^2)(-b + c_m + c_s)^2}{(2B\theta^2(k^2 - 4A\lambda) + A\alpha^2(-1+3\theta)\lambda Q^2)^2}.$$

3.3. 不投入区块链技术情形下质量追溯收益共享模型(NDR)

该模型中, 供应商采购具有一定质量水平的商品以批发价格 w 出售给平台, 供应商不投入区块链技术, 平台将商品销售给消费者, 平台采用质量追溯策略监管供应商质量投入, 并且供应商将自己收益的 ε 共享给平台。供应商和平台的利润函数分别为:

$$\pi_s = (w - c_s)(b - p + \alpha Qe)(1 - \varepsilon)$$

$$\pi_m = (p - w - c_m)(b - p + \alpha Qe) - Be^2 + \varepsilon(w - c_s)(b - p + \alpha Qe)$$

求解得: $w^{NDR} = \frac{b - c_m + c_s - 2\varepsilon c_s}{2 - 2\varepsilon}, \quad e^{NDR} = \frac{\alpha Q(b - c_m - c_s)}{8B - 2\alpha^2 Q^2},$

$$p^{NDR} = \frac{b(6B - \alpha^2 Q^2) + (2B - \alpha^2 Q^2)(c_m + c_s)}{8B - 2\alpha^2 Q^2}, \quad D^{NDR} = \frac{B(-b + c_m + c_s)}{-4B + \alpha^2 Q^2}, \quad \pi_m^{NDR} = \frac{B(-b + c_m + c_s)^2}{16B - 4\alpha^2 Q^2},$$

$$\pi_s^{NDR} = \frac{B(-b + c_m + c_s)^2}{8B - 2\alpha^2 Q^2}.$$

3.4. 投入区块链技术情形下质量追溯收益共享模型(YDR)

该模型中, 供应商采购具有一定质量水平的商品以批发价格 w 出售给平台, 供应商联合平台投入区块链技术, 平台将商品销售给消费者, 平台采用质量追溯策略监管供应商质量投入。供应商和平台的利润函数分别为:

$$\pi_s = \left((w - c_s)(b - p + \alpha Qe + kt) - \frac{1}{2}\lambda At^2 \right) (1 - \varepsilon)$$

$$\pi_m = (p - w - c_m)(b - p + \alpha Qe + kt) - Be^2 - \frac{1}{2}(1 - \lambda) At^2$$

$$+ \left((w - c_s)(b - p + \alpha Qe + kt) - \frac{1}{2}\lambda At^2 \right) \varepsilon$$

求解得: $t^{YDR} = \frac{Bk(-b + c_m + c_s)}{B(k^2 + 4A(-1 + \varepsilon)\lambda) - A\alpha^2(-1 + \varepsilon)\lambda Q^2},$

$$w^{YDR} = \frac{-A\lambda(4B - \alpha^2 Q^2)(b - c_m) + (2B(k^2 + 2A(-1 + 2\varepsilon)\lambda) + A\alpha^2(1 - 2\varepsilon)\lambda Q^2)c_s}{2B(k^2 + 4A(-1 + \varepsilon)\lambda) - 2A\alpha^2(-1 + \varepsilon)\lambda Q^2},$$

$$e^{YDR} = \frac{A\alpha(-1 + \varepsilon)\lambda Q(b - c_m - c_s)}{2B(k^2 + 4A(-1 + \varepsilon)\lambda) - 2A\alpha^2(-1 + \varepsilon)\lambda Q^2},$$

$$p^{YDR} = \frac{bA(-1+\varepsilon)\lambda(6B-\alpha^2Q^2) + (2B(k^2 + A(-1+\varepsilon)\lambda) - A\alpha^2(-1+\varepsilon)\lambda Q^2)(c_m + c_s)}{2B(k^2 + 4A(-1+\varepsilon)\lambda) - 2A\alpha^2(-1+\varepsilon)\lambda Q^2},$$

$$D^{YDR} = \frac{A^2B(-1+\varepsilon)\lambda^2(B(-2+6\varepsilon) - \alpha^2\varepsilon Q^2)(-b + c_m + c_s)^2}{2(B(k^2 + 4A(-1+\varepsilon)\lambda) - A\alpha^2(-1+\varepsilon)\lambda Q^2)^2},$$

$$\pi_m^{YDR} = -\frac{AB(2B(-2A(-1+\varepsilon)^2\lambda^2 + k^2(1+(-1+\varepsilon)\lambda)) + A\alpha^2(-1+\varepsilon)^2\lambda^2 Q^2)(-b + c_m + c_s)^2}{4(B(k^2 + 4A(-1+\varepsilon)\lambda) - A\alpha^2(-1+\varepsilon)\lambda Q^2)^2},$$

$$\pi_s^{YDR} = \frac{AB(-1+\varepsilon)\lambda(-b + c_m + c_s)^2}{2B(k^2 + 4A(-1+\varepsilon)\lambda) - 2A\alpha^2(-1+\varepsilon)\lambda Q^2}.$$

4. 对比分析

命题 1: 供应链协调分析; $\pi_s^{NDC} + \pi_m^{NDC} > \pi_s^{ND} + \pi_m^{ND}$ 且 $\pi_s^{NDC} > \pi_s^{ND}$; $\pi_s^{NDR} + \pi_m^{NDR} = \pi_s^{ND} + \pi_m^{ND}$; $\pi_s^{YDC} + \pi_m^{YDC} > \pi_s^{YD} + \pi_m^{YD}$; 当 $\varepsilon < \frac{2}{5}$ 时, $\pi_s^{YDR} + \pi_m^{YDR} > \pi_s^{YD} + \pi_m^{YD}$.

命题 1 表明在未投入区块链技术情形下, 只有成本分担契约能实现供应链协调, 并且供应商通过承担一部分质量追溯成本, 能提升自身的利润; 投入区块链技术的成本分担契约模型也能实现供应链协调; 而在投入区块链技术的收益共享契约模型中, 只有当供应商收益共享比例小于 2/5 时才能实现供应链协调。这是因为成本分担契约中, 供应商只承担一部分的质量追溯成本, 不会产生过大的成本负担; 而收益共享契约中, 供应商需将全部收益的一部分共享给平台, 若其收益共享比例过大, 则自身利润严重下降, 会出现入不敷出的现象, 故其收益共享比例最大不能超过 2/5。

命题 2: 质量追溯水平对比分析

(1) $e^{NDC} > e^{ND}$, $e^{YDC} > e^{YD}$, $e^{YDR} > e^{YD}$ 恒成立

(2) 当 $0 < \theta < \frac{1}{5}$, 若 $B < B_1^\Delta$ 且 $A > \frac{2Bk^2\theta}{8B\theta\lambda - \alpha^2\lambda Q^2}$, 或者 $B > B_1^\Delta$ 且 $\frac{2Bk^2\theta}{8B\theta\lambda - \alpha^2\lambda Q^2} < A$, 则 $e^{YDC} > e^{YDR}$;

否则 $e^{YDR} > e^{YDC}$; 当 $\frac{1}{5} < \theta < \frac{1}{4}$ 时, 若 $\frac{2Bk^2\theta}{8B\theta\lambda - \alpha^2\lambda Q^2} < A$ 则 $e^{YDC} > e^{YDR}$; 否则 $e^{YDR} > e^{YDC}$ 。其中

$$B_1^\Delta = \frac{\alpha^2 Q^2 - 3\alpha^2 \theta Q^2}{8\theta^2}$$

命题 2 表明(1)在未投入区块链技术情形下, 成本分担契约能提升供应链整体质量水平; 在投入区块链技术情形下, 成本分担与收益共享契约均能提升供应链整体质量水平。这是因为成本分担与共享契约降低了供应链成员的信息不对称问题与双重边际效应, 促使平台提升质量追溯努力以扩大市场需求。(2)在投入区块链技术情形下, 两种契约对供应链整体质量水平的提升效果受平台承担质量追溯成本比例、区块链技术成本系数、质量追溯成本系数的三重影响。

命题 3: 在投入区块链技术水平情形下, 成本分担与收益共享契约对供应商利润的提升程度受平台承担质量追溯成本比例、供应商收益共享比例、区块链技术成本系数、质量追溯成本系数以及质量初始投资水平的共同影响。

命题 4: 成本分担与收益共享两种契约情形下平台利润对比分析

(1) 当 $0 < \theta < \frac{1}{5}$ 时, 若 $A > A_2^\Delta$, 则 $\pi_m^{YDC} > \pi_m^{YDR}$; 若 $A < A_2^\Delta$, 则 $\pi_m^{YDC} < \pi_m^{YDR}$ 。

- (2) 当 $\frac{1}{5} < \theta < \frac{1}{4}(-3 + \sqrt{17})$ 时, 若 $A_1^\Delta < A < A_2^\Delta$, 则 $\pi_m^{YDC} > \pi_m^{YDR}$; 若 $A < A_1^\Delta$ 或者 $A > A_2^\Delta$, 则 $\pi_m^{YDC} < \pi_m^{YDR}$ 。
- (3) 当 $\frac{1}{4}(-3 + \sqrt{17}) < \theta < \frac{1}{3}$ 时, 若 $A < A_1^\Delta$, 则 $\pi_m^{YDC} > \pi_m^{YDR}$; 若 $A > A_1^\Delta$, 则 $\pi_m^{YDC} < \pi_m^{YDR}$ 。
- (4) 当 $\frac{1}{3} < \theta < 1$ 时, 则 $\pi_m^{YDR} > \pi_m^{YDC}$ 。

命题 4 表明, 平台利润对契约选择的偏好随其自身质量追溯成本分担比例、区块链技术成本系数、的变化呈现分段特征。当平台承担的比例很低时, 若区块链技术成本较高, 成本分担契约更有利; 反之收益共享契约更优。当平台承担比例处于中等区间时, 存在多个阈值区域, 平台需根据具体参数选择契约。当平台承担比例超过 1/3 后, 收益共享契约始终优于成本分担契约。这一结果的直觉是: 当平台已经承担了大部分追溯成本时, 再采用成本分担契约会进一步加重其成本负担, 而收益共享契约通过从供应商处获取部分收益, 反而能实现利润改善。

5. 数值分析

为了更直观地展示不同协调情形下, 供应商收益共享比例、供应商承担区块链技术成本比例对质量追溯水平以及企业利润的影响, 本文在满足模型假设条件下, 假定产品初始质量水平 $Q=1$; 市场潜在需求量 $b=100$; 供应商获得商品成本 $c_s=10$; 平台单位运营成本 $c_m=5$; 消费者对区块链技术信任系数 $k=0.5$; 消费者对质量商品偏好 $\alpha=0.4$; 区块链技术单位成本系数 $A=0.8$; 质量追溯成本系数 $B=0.6$ 。

数值分析表明: (1) 无论是否投入区块链技术, 在成本分担契约模型中, 平台的质量追溯努力水平平均随着平台承担质量追溯成本比例的增大, 呈现先增大后减小的变化; 在投入区块链技术的收益共享契约模型中, 平台的质量追溯努力水平随着供应商收益共享比例的增大而增大。这是因为在成本分担契约模型中, 平台质量努力水平的非单调变化源于激励效应与成本负担效应的交替主导。(2) 无论是否投入区块链技术, 在成本分担契约模型中, 供应商的利润均随着平台承担质量追溯成本比例的增大而增大, 在投入区块链技术的收益共享契约模型中, 供应商的利润随着供应商收益共享比例的增大而增大。在成本分担契约模型中, 平台的利润均随着平台承担质量追溯成本比例的增大而减小, 在投入区块链技术的收益共享契约模型中, 平台的利润随着供应商收益共享比例的增大而增大。(3) 质量追溯水平不受消费者区块链技术信任度的影响, 但随消费者质量偏好的增大而增大。这是因为随着消费者质量偏好的增大, 平台通过提升质量追溯水平可以极大程度增加产品需求, 从而增加自身利润。(4) 无论是否投入区块链技术, 在成本分担契约模型中, 供应商的利润均不受消费者区块链信任度的影响, 但随着消费者质量偏好的增大而减小, 在投入区块链技术的收益共享契约模型中, 供应商的利润随着消费者区块链信任度与质量偏好的增大而增大。在成本分担契约模型中, 平台的利润均不受消费者区块链信任度的影响, 但随着消费者质量偏好的增大而减小, 在投入区块链技术的收益共享契约模型中, 供应商的利润随着消费者区块链信任度的增大而减小, 随着消费者质量偏好的增大而增大。

6. 结论与管理启示

本研究探讨了区块链技术背景下, 成本分担与收益共享两种契约机制对电商供应链协调、质量绩效(以平台的质量追溯努力水平衡量)及各成员利润的影响。通过对不同情境下的模型求解与比较分析, 得出以下核心结论: (1) 成本分担契约是激励供应链提升质量水平、实现协调更为稳健的机制。无论在区块链技术引入前后, 它均能有效实现供应链协调。而收益共享契约在引入区块链后实现协调的条件更为苛刻(供应商收益共享比例需小于 2/5), 其协调效果对参数设置更为敏感。(2) 无论是否引入区

区块链, 成本分担契约均能提升供应链整体质量水平。在引入区块链后, 两种契约也均能提升供应链整体质量水平, 但提升效果存在差异。当平台承担的质量追溯成本比例较低时, 成本分担契约的质量水平提升效果通常优于收益共享契约, 尤其是在区块链技术成本较高或质量投入成本系数较大的复杂情境下。(3) 契约选择对供应商和平台的利润影响存在显著差异及权衡。对于供应商, 其更优的契约选择取决于其承担的质量追溯成本比例、区块链技术水平及初始质量投资。在分担比例较高时, 收益共享契约可能更有利。对于平台, 在大部分参数范围内, 成本分担契约能更大程度地提升其利润, 尤其是在其自身成本分担比例较高时。然而, 在收益共享契约中, 平台利润会随供应商共享比例上升而单调增加, 这揭示了其利用契约条款获取更多供应链利润的可能。(4) 研究发现, 平台承担质量追溯成本的比例是影响契约绩效的核心内生决策变量。其变动会非线性地影响平台的努力水平以及双方的利润分配格局。外部环境方面, 消费者质量偏好的提升能激励更高的质量投入, 但其对成员利润的影响因契约形式而异。在成本分担模式下, 利润可能因成本压力而降低; 在收益共享模式下, 利润则随市场扩大而增加。消费者对区块链的信任度主要影响收益共享契约下的利润, 体现了区块链在构建可信价值中的作用。

基于上述结论, 本研究为电商供应商、电商平台以及政府提出以下管理启示: (1) 对于电商供应商的建议: 在推进质量追溯与数字化转型时, 供应链主导企业应优先考虑构建成本分担合作机制。供应商主动分担部分质量追溯成本, 这不仅能实现供应链整体协调, 也能通过扩大市场需求反哺自身, 形成良性循环。在引入区块链并考虑采用收益共享契约时, 双方需就共享比例进行谨慎谈判, 供应商将收益共享比例设定在较低水平。(2) 对于电商平台的建议: 若供应链需要较大程度提升整体质量水平, 平台在提议成本分担契约时, 需科学设定自身承担的成本比例, 自身承担质量追溯成本不宜过高或过低。(3) 对政府的建议: 政府和行业组织可以加强质量宣传与消费者教育, 同时推动区块链技术在商品溯源等场景的标准化应用与宣传, 建立公众信任。政策也可适当引导或鼓励供应链上下游企业在质量追溯领域开展成本共担、收益共享的协同投资与创新试点, 特别是对采用区块链技术来固化和验证质量成果的合作项目给予支持, 以降低前期试错成本, 促进最佳实践的涌现与扩散。未来研究可进一步探讨: 考虑质量表现对供应商生产成本或品牌声誉的长期动态影响; 引入需求不确定性或竞争性供应链结构; 以及实证检验本研究中数理模型命题的现实有效性。

参考文献

- [1] Cachon, G.P. (2003) Supply Chain Coordination with Contracts. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, **11**, 227-339. [https://doi.org/10.1016/s0927-0507\(03\)11006-7](https://doi.org/10.1016/s0927-0507(03)11006-7)
- [2] Gerchak, Y. and Wang, Y. (2004) Revenue-Sharing vs. Wholesale-Price Contracts in Assembly Systems with Random Demand. *Production and Operations Management*, **13**, 23-33. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2004.tb00142.x>
- [3] Zhao, J., Zhou, Y., Cao, Z. and Min, J. (2020) The Shelf Space and Pricing Strategies for a Retailer-Dominated Supply Chain with Consignment Based Revenue Sharing Contracts. *European Journal of Operational Research*, **280**, 926-939. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.074>
- [4] 胡本勇, 陈旭. 基于收益共享合约的策略一致性与供应链合作研究[J]. 管理工程学报, 2017, 31(2): 91-100.
- [5] 王永龙, 付恒, 方新, 等. 突发性产出下的供应链协调应对策略[J]. 中国管理科学, 2019, 27(7): 137-146.
- [6] 桑圣举, 张强. 参照价格效应下的绿色供应链协调机制[J]. 系统管理学报, 2020, 29(5): 994-1002.
- [7] Ghosh, D. and Shah, J. (2015) Supply Chain Analysis under Green Sensitive Consumer Demand and Cost Sharing Contract. *International Journal of Production Economics*, **164**, 319-329. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.005>
- [8] Xu, X., He, P., Xu, H. and Zhang, Q. (2017) Supply Chain Coordination with Green Technology under Cap-And-Trade Regulation. *International Journal of Production Economics*, **183**, 433-442. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.029>
- [9] 张伟. 供应链中的收益共享博弈与契约设计[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(21): 24-26.

- [10] 张强, 武建章. 模糊需求下的供应链收益共享契约模型[J]. 模糊系统与数学, 2010, 24(1): 145-152.
- [11] 赵婉鹏, 叶春明. 考察供应商具有双重行为偏好特征的供应链契约与协调[J]. 工业工程与管理, 2018, 23(1): 23-29.
- [12] 周艳菊, 胡凤英, 周正龙. 零售商主导下促进绿色产品需求的联合研发契约协调研究[J]. 管理工程学报, 2020, 34(2): 194-204.