

动态奖惩机制下“直播+”电商供应链的演化博弈与协同效应研究

王先甲¹, 吴自强^{2*}, 刘科²

¹武汉大学经济管理学院, 湖北 武汉

²武汉科技大学理学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年2月27日; 录用日期: 2026年3月13日; 发布日期: 2026年4月17日

摘要

随着“直播+”电商的快速发展, 供应链主体间的利益博弈与协同治理问题日益凸显。基于演化博弈理论, 构建平台监管部门与直播主播的双主体动态奖惩机制模型, 系统分析四种机制下的系统演化路径与平衡点稳定性, 并探讨奖惩力度对平台积极监管概率与主播合规经营概率的影响。研究发现: 静态奖惩机制下系统呈周期波动且无稳定均衡; 动态惩罚机制可促使系统螺旋收敛至稳定点, 其中动态奖励-动态惩罚机制激励效应最强, 能显著提升平台监管持续性与主播合规水平; 惩罚力度对双方行为具有显著且持续的促进作用, 奖励力度短期激励明显但缺乏长期稳定性, 二者需协同设计以避免策略退化; 平台监管强度对主播合规经营存在非线性门槛效应, 跨越临界值可实现协同增效。研究揭示了动态奖惩机制在直播电商供应链治理中的双刃剑效应, 为平台优化内部治理规则、行业协会与政府制定分级分类奖惩政策提供了定量依据, 也为“直播+”电商供应链实现高质量、可信赖与可持续发展提供了理论支撑与实践指引。

关键词

动态奖惩机制, 直播电商供应链, 演化博弈, 协同效应

Research on the Evolutionary Game and Synergistic Effects in “Live Streaming+” E-Commerce Supply Chains under Dynamic Incentive-Penalty Mechanisms

Xianjia Wang¹, Ziqiang Wu^{2*}, Ke Liu²

¹School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan Hubei

²College of Science, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei

Received: February 27, 2026; accepted: March 13, 2026; published: April 17, 2026

*通讯作者。

文章引用: 王先甲, 吴自强, 刘科. 动态奖惩机制下“直播+”电商供应链的演化博弈与协同效应研究[J]. 电子商务评论, 2026, 15(4): 692-704. DOI: 10.12677/ecl.2026.154446

Abstract

With the rapid development of “live-streaming+” e-commerce, the problems of interest competition and collaborative governance among supply chain participants have become increasingly prominent. Based on evolutionary game theory, this paper builds a two-party dynamic reward and punishment model involving platform regulators and live-streaming hosts. It systematically analyzes the evolutionary paths and stability of equilibrium under four mechanisms, and discusses how reward and punishment intensity affect the probability of active platform supervision and compliant operation by hosts. The study finds that under static reward and punishment mechanisms, the system fluctuates periodically without stable equilibrium. Dynamic punishment can make the system converge spirally to a stable point, and the combined dynamic reward-dynamic punishment mechanism has the strongest incentive effect, which significantly improves the sustainability of platform supervision and the compliance level of hosts. Punishment intensity has a significant and lasting positive effect on both parties' behavior, while reward intensity works obviously in the short term but lacks long-term stability. Therefore, rewards and punishments should be designed together to avoid strategy degradation. In addition, platform supervision intensity has a nonlinear threshold effect on hosts' compliance, and synergistic effects can be achieved when the threshold is crossed. This research reveals the double-edged effect of dynamic reward and punishment mechanisms in the governance of live-streaming e-commerce supply chains. It provides a quantitative basis for platforms to optimize internal governance rules and for industry associations and governments to formulate graded reward and punishment policies. It also offers theoretical support and practical guidance for the high-quality, reliable and sustainable development of “live-streaming+” e-commerce supply chains.

Keywords

Dynamic Reward-Punishment Mechanism, Live Streaming E-Commerce Supply Chain, Evolutionary Game, Synergistic Effect

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

近年来，数字技术迭代与消费习惯变迁推动“直播+”电商成为数字经济与实体经济融合的创新业态，重塑零售与供应链格局。其依托实时互动、场景化展示与强社交属性，打破传统电商时空与体验限制，通过主播背书与即时转化提升供需匹配效率与用户黏性，成为拉动内需、促进产业升级及就业扩容的重要引擎。行业统计显示，我国直播电商交易规模连年两位数增长，渗透率提升，带动上下游全链条协同升级。

但高速发展伴生结构性矛盾与治理难题：诱导消费、虚假宣传、刷单炒信、售后缺位、维权难等问题频发，侵蚀消费者信任与平台公信力；供应链各环节利益与风险偏好差异大，形成多方博弈。尤其在平台内部治理中，监管部门与主播的策略互动受奖惩机制、信息不对称及外部环境综合影响，缺乏科学动态调节易陷入监管松弛、违规蔓延、信任崩塌的恶性循环。

已有研究从多重视角探索了“直播+”电商供应链的治理逻辑与演化规律。在博弈机制层面，王晓锋和王姝宸构建以电商主播与直播平台为主体的演化博弈模型，发现动态奖励与静态惩罚相结合的策略组合最具效能，且适度提高惩罚力度可显著提升主播的诚信经营意愿[1]；危小超等进一步引入主体过度自信变量，揭示平台过度自信正向促使其选择积极监管，而商家与消费者的过度自信则削弱其自律与监

督动力[2]。针对行业粗放发展引发的乱象,胡春华等剖析不同监管模式下三方的动态演化过程与关键影响因素,并提出数字化全链条监管框[3];李春发等则以供应商、直播平台与主播为核心构建三方博弈模型,指出平台的高额补贴虽能激励合规,却可能侵蚀平台自身利益,妨碍系统均衡[4]。

在消费者行为与收益感知维度,赵雪和张金凤通过三方演化博弈发现主播在高效售后情境下对带货收益敏感度更高,对冲动消费带来的超额收益敏感度较低[5];郭延禄等则聚焦产品质量议题,证实消费者对直播商品的功能性收益感知显著影响其追责倾向[6]。关于平台策略演化路径,万晓榆与赵思齐提出,加大违规惩罚、提升合规收益、压低违规收益,可有效引导平台策略向合规方向收敛[7];刘建刚等进一步揭示,惩罚与激励强度的调整显著影响价值共毁风险,收益分配系数的提高则对该风险具有抑制作用[8]-[10]。

现有文献围绕“直播+”电商供应链多主体博弈展开丰富研究,涵盖平台与主播诚信激励、过度自信对监管策略的影响、信息披露对利润与福利的影响等议题,为本研究奠定理论基础。但现有研究仍存在两方面不足:一是多采用静态或单阶段奖惩设定,对动态奖惩机制的精细化设计及跨期博弈反馈效应探讨不足,难以揭示其对供应链主体协同演化的深层机理;二是视角多聚焦单一环节或局部主体,难以全面把握多主体策略互动对整体供应链绩效的综合影响。

基于此,本研究以演化博弈理论为工具,聚焦平台内部治理核心环节,将平台监管部门与直播主播作为对象,构建动态奖惩机制下的双主体演化博弈模型,分析不同策略组合的演化路径、稳定条件及对供应链协同效应的作用边界,旨在回答:何种动态奖惩规则能有效促成双方良性互动?全链路协同效应如何在多主体策略演化中生成与放大?理论上,本研究拓展了演化博弈在电商内部治理中的应用深度,丰富了动态机制设计与供应链协同研究;实践上,为平台优化监管政策、主播制定合规策略及行业构建长效治理机制提供决策参考,助力“直播+”电商高质量发展。

2. 静态奖励和惩罚机制下演化博弈分析

2.1. 基本假设与模型构建

为刻画电商平台内部治理情境下平台监管部门与直播主播的策略互动,构建了一个双主体演化博弈模型。模型的基本设定如下:

2.1.1. 博弈主体与策略空间

本研究的博弈模型聚焦于电商平台的内部治理核心,涉及两大博弈主体,主要包括对平台直播带货活动进行监管治理的平台监管部门与从事商品销售的直播主播。其中,平台监管部门指平台内部的专职治理机构,例如内容审核等部门,其策略集合为(积极监管,消极监管);直播主播是以直播形式向消费者推销商品的商业从业者,其策略集合为(合规经营,违规牟利)。

2.1.2. 策略选择与概率表示

设平台选择“积极监管”的概率为 $x \in [0,1]$,则选择“消极监管”的概率为 $1-x$;主播选择“合规经营”的概率为 $y \in [0,1]$,则选择“违规牟利”的概率为 $1-y$ 。

2.1.3. 收益结构假设

在不同策略组合下,双方的收益取决于监管强度、违规行为被查处的概率、合规与违规经营的净收益差异等因素。在直播平台与主播的互动治理情境中,界定如下关键变量以刻画双方行为与收益成本结构。平台从主播经营活动中获取的基础佣金收益记为 R_p ,反映平台核心收益来源;平台实施积极监管策略所承担的固定成本为 C_p ,涵盖合规系统搭建、专业团队配置等沉没性支出;当平台积极监管且主播合规运营时,平台收获的社会声誉提升与品牌溢价效应由 S_p 衡量,体现长期品牌资产积累价值;若

主播违规而平台消极监管，由此引发的商誉曝光损失用 L_p 表征，反映突发事件对平台市场形象的冲击；即便平台履行监管职责，违规行为仍可能引致的边际声誉折损以 I_p 量化，对应局部声誉风险的持续影响；当主播违规且平台监管履职不到位时，上级监管部门施加的行政处罚成本为 P_g ，代表外部规制压力下的合规成本；主播合规经营实现的正常劳动净利润记为 R_s ，是主播合规收益的基准；主播违规经营所获取的超额非法利润以 ΔR 度量，反映违规行为的短期利益诱惑；主播为维系合规经营在选品、质检、法务等环节投入的额外成本为 C_s ，体现合规经营的边际成本；主播违规行为被查处后面临的粉丝流失、账号封禁等长期价值损耗由 L_s 捕捉，刻画违规行为的长期声誉惩罚；平台对合规主播给予的激励性奖励记为 W ，是正向激励机制的设计要素；主播违规后被平台扣除的保证金或罚金以 F 量化，构成平台内部约束的直接成本。收益矩阵如表 1 所示。

Table 1. Game payoff matrix

表 1. 博弈收益矩阵

	主播合规经营 (y)	主播违规牟利 ($1-y$)
平台积极监管 (x)	$R_p - C_g + S_p - W, R_s - C_s + W$	$R_p - C_g + F - I_p, R_s + \Delta R - F - L_s$
平台消极监管 ($1-x$)	$R_p, R_s - C_s$	$R_p - L_p - P_g, R_s + \Delta R$

2.1.4. 期望收益与复制动态方程

假设博弈主体平台选择“积极监管”的收益为 E_{11} ，选择“消极监管”的收益为 E_{12} ，期望收益为 \bar{E}_1 ；博弈主体主播选择“合规经营”的收益为 E_{21} ，选择“违规牟利”的收益为 E_{22} ，期望收益为 \bar{E}_2 。则平台选择积极监管的期望收益：

$$E_{11} = y(R_p - C_g + S_p - W) + (1-y)(R_p - C_g + F - I_p) = y(S_p - W - F + I_p) + R_p - C_g + F - I_p \quad (1)$$

平台选择消极监管的期望收益：

$$E_{12} = y(R_p) + (1-y)(R_p - L_p - P_g) = y(L_p + P_g) + R_p - L_p - P_g \quad (2)$$

平台的平均期望收益为：

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

依据演化博弈理论，平台“积极监管”策略比例的动态变化可由复制动态方程描述：

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{dx}{dt} = x(E_{11} - \bar{E}_1) = x(1-x)(E_{11} - E_{12}) \\ &= x(1-x) \left[y(S_p - W - F + I_p - L_p - P_g) + F - I_p + L_p + P_g - C_g \right] \end{aligned} \quad (4)$$

类似地，主播选择“合规经营”的期望收益为：

$$E_{21} = x(R_s - C_s + W) + (1-x)(R_s - C_s) = xW + R_s - C_s \quad (5)$$

选择“违规牟利”的期望收益为：

$$E_{22} = x(R_s + \Delta R - F - L_s) + (1-x)(R_s + \Delta R) = -x(F + L_s) + R_s + \Delta R \quad (6)$$

主播的平均期望收益为：

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

主播“合规经营”策略比例的复制动态方程为

$$F(y) = \frac{dx}{dt} = y(1-y)(E_{21} - \bar{E}_2) = y(1-y)[x(W + F + L_s) - C_s + \Delta R] \quad (8)$$

式(4)与(8)构成了平台 - 主播双主体演化博弈系统的动力学基础。

2.2. 演化过程的平衡点

根据公式(4)和(8)构建的微分方程组，当 $F(x)$ 与 $F(y)$ 均为零时，认为博弈系统达到稳定状态。

$$F(x) = 0, F(y) = 0 \quad (9)$$

求解上述方程组(9)可得到 5 个均衡点，分别为 $S_1(0,0)$ 、 $S_2(0,1)$ 、 $S_3(1,0)$ 、 $S_4(1,1)$ 、以及一个可能的内部均衡点 $D(x^*, y^*)$ ，其中 $x^* = \frac{C_s - \Delta R}{W + F + L}$ ， $y^* = \frac{C_g - F + I_g - L_p - P_g}{S_p - W - F + I_g - L_p - P_g}$ 。内部均衡点的存在性依赖于收益参数的相对大小，当且仅当特定不等式条件成立时才出现。这些均衡点分别对应不同的系统状态，例如 $S_1(0,0)$ 表示平台完全消极监管、主播完全违规牟利的极端情形； $S_4(1,1)$ 则表示平台全面积极监管、主播普遍合规的理想状态。

2.3. 平衡点稳定性分析

在非线性动力系统中，并非所有均衡点均为演化稳定策略(Evolutionarily Stable Strategy, ESS)。依据 Taylor 与 Jonker 的稳定性判别方法，需考察 Jacobian 矩阵在特定均衡点处的特征值性质。对式(4)与(8)分别求偏导，构造 Jacobian 矩阵：

$$J = \begin{pmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (10)$$

将复制动态方程代入，可得具体形式：

$$J = \begin{pmatrix} (1-2x)[y(S_p - W - F + I_g - P_g) + F - I_g + L_p + P_g - C_g + (\Delta R - C_f)] & x(1-x)(S_p - W - F + I_g - L_p - P_g) \\ y(1-y)(W + F + L_s) & (1-2y)[x(W + F + L_s) - C_s + \Delta R] \end{pmatrix} \quad (11)$$

根据微分方程稳定性理论，当某局部平衡点使得雅可比矩阵满足：行列式 $\det(J) > 0$ ，迹 $\text{tr}(J) < 0$ 时，则可以判断该平衡点就为所求博弈系统的演化稳定策略(ESS)。博弈主体的局部稳定性分析结果如表 2 所示。

Table 2. Determinant and trace of evolutionary game between platform and anchor
表 2. 平台和主播演化博弈的行列式和迹

均衡点	$\det(J)$	$\text{tr}(J)$
(0,0)	$(F - I_g + L_g + P_g - C_g)(\Delta R - C_s)$	$(F - I_g + L_g + P_g - C_g) + (\Delta R - C_s)$
(0,1)	$-(W - S_p + C_g) - (\Delta R - C_s)$	$(S_p - W - C_g) - (\Delta R - C_s)$
(1,0)	$-(F - I_g + L_p + P_g - C_g) - (W + F + L_s - C_s + \Delta R)$	$-(F - I_g + L_p + P_g - C_g) + (W + F + L_s - C_s + \Delta R)$

续表

(1,1)	$(W - S_p + C_g)(W + F + L_s - C_s + \Delta R)$	$-(S_p - W - C_g) - (W + F + L_s - C_s + \Delta R)$
(x^*, y^*)	$x^* = \frac{C_s - \Delta R}{W + F + L}, y^* = \frac{C_g - F + I_g - L_p - P_g}{S_p - W - F + I_g - L_p - P_g}$	0

对于内部均衡点 D ，当且仅当参数满足特定条件，即 $0 < \frac{C_s - \Delta R}{W + F + L} < 1$ 且 $0 < \frac{C_g - F + I_g - L_p - P_g}{S_p - W - F + I_g - L_p - P_g} < 1$ 时，其行列式趋于 0、迹趋于 0，表现为中心点或非渐进稳定结构，系统在该点附近呈周期或混沌波动。

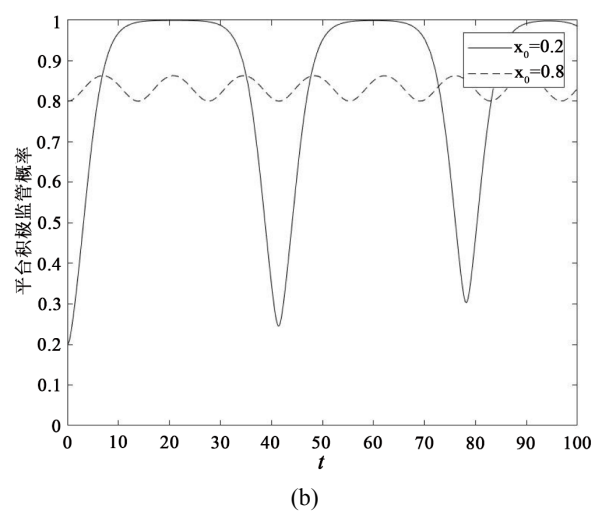
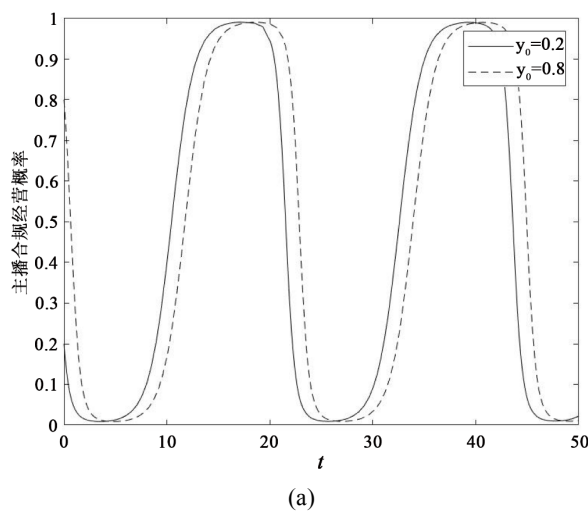
2.4. 数值仿真

针对直播平台与主播的互动治理场景，设定仿真参数如下：平台基础佣金收益 $R_p = 1$ 、积极监管固定成本 $C_p = 2.5$ ，积极监管且主播合规时的声誉溢价 $S_p = 4$ ；主播违规致平台商誉损失 $L_p = 2$ 、边际声誉损失 $I_p = 1$ ，监管不力的行政处罚 $P_g = 1$ ；主播合规净利润 $R_s = 1$ 、违规超额收益 $\Delta R = 1$ ，合规额外成本 $C_s = 4$ ，违规长期损失 $L_s = 1$ ；平台奖励 $W = 2$ ，违规扣罚 $F = 3$ 。

图 1(a)展示了不同初始条件下主播合规经营概率的动态演化轨迹，两条曲线均呈周期性波动，从初始值升至接近 1 的峰值后回落，循环往复。虚线波动幅度和变化速率略大于实线，说明初始合规水平较高的主播群体对平台监管或外生冲击更敏感，策略调整幅度更大。这反映出在缺乏强稳定均衡时，主播合规行为会随平台监管等环境因素反复震荡，印证了前文关于部分均衡点为非渐近稳定或中心型结构的结论。

图 1(b)呈现了平台积极监管概率的演化路径，两条曲线均呈波动变化，无单调长期趋势。实线波动幅度较大，虚线相对平稳，但仍在特定区间反复变化，表明在系统(I)机制下，平台监管行为同样缺乏稳定长期均衡，监管强度随时间摆动，体现其策略受主播行为反馈与收益结构交互影响的动态不稳定性。

图 1(c)以相平面形式展示系统(I)的动态演化，多条黑色折线构成近似矩形闭合图形，显示平台监管概率与主播合规概率的联合状态沿特定轨迹循环变化。这种闭合轨迹表明双主体状态在系统动力驱动下围绕某区域反复波动，未收敛至固定点或角点均衡，与图 1(a)、图 1(b)的单变量分析一致，共同揭示静态奖惩机制下，平台与主播行为互动呈周期运动，难以自发形成高监管 - 高合规理想稳态。



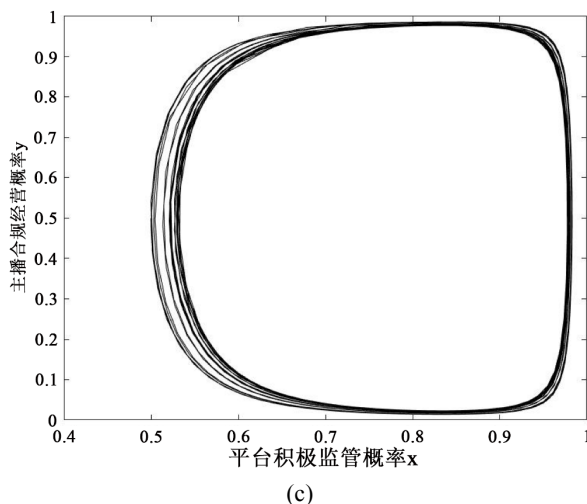


Figure 1. Evolutionary path of anchor compliant operation (a), Evolutionary path of platform active supervision (b), and Dynamic evolutionary process of System (I) (c)

图 1. 主播合规经营的演化路径(a), 平台积极监管的演化路径(b), 系统(I)的动态演化过程(c)

综上，系统(I)中主播合规与平台监管概率均周期性波动，双主体状态形成闭合轨迹，缺乏渐近稳定均衡，说明仅靠静态奖惩无法维持持续高监管 - 高合格格局，需通过机制优化引入动态激励与约束，打破周期震荡，推动系统向理想治理状态收敛。

3. 动态奖励和惩罚机制下演化博弈分析

3.1. 动态奖励静态惩罚机制

在动态奖励静态惩罚机制下，原静态奖励静态惩罚的动态方程发生调整。将原固定常数最高奖励额转化为线性函数 $w(x) = xW$ ，并以此替代公式 4 和公式 8，进而构建出双方的二维动力系统，其状态方程分别为：

$$\begin{cases} F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)[y(S_p - xW - F + I_g - L_p - P_g) + F - I_g + L_p + P_g - C_g] \\ F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[x(xW + F + L_s) - C_s + \Delta R] \end{cases} \quad (12)$$

为比较不同奖惩机制下平台与主播互动系统的演化特征，将原静态奖励静态惩罚机制下的系统记作(I)，将引入线性动态奖励函数后的系统记作(II)，并分别绘制主播合规经营概率与平台积极监管概率的时间演化路径，以及系统(II)的相平面动态轨迹。

图 2(a)展示了系统(I)与系统(II)中主播合规经营概率随时间的演化路径。可见，在静态奖励静态惩罚机制(系统 I)下，主播合规概率自初始值约 0.4 起步，经短暂上升后趋于 0.9 左右，但整体波动有限且水平偏低；而在动态奖励静态惩罚机制(系统 II)下，合规概率起点更高(约 0.6)，且在观测期内始终维持在 0.8~0.9 的较高区间，波动幅度更小。这表明，将奖励由固定常数调整为与平台监管概率 x 线性相关的动态形式，可显著提升主播合规水平的稳态值与抗扰动能力，从而缓解系统 I 中易出现的合规退化风险。

图 2(b)呈现了系统(I)与系统(II)中平台积极监管概率的演化路径。两系统下 $x(t)$ 均呈现周期性波动特征，但在系统 I 中，监管概率波动幅度极大，多次逼近 0 与 1 的极端值，反映出监管行为的不稳定性与

策略切换的剧烈性；相较之下，系统 II 的监管概率波动更为平缓，除初期短暂下降外，大部分时间保持在 0.8 以上的高位运行。该对比揭示，动态奖励机制通过让奖励随监管强度自适应变化，可在激励平台持续投入监管资源的同时，抑制策略频繁翻转带来的系统震荡，提升治理行为的稳健性。

图 2(c)以相平面形式刻画了系统(II)的动态演化轨迹。图中黑色曲线自左上方向右下方延伸，并在右侧形成较为规整的螺旋结构，表明在动态奖励静态惩罚机制下，系统状态沿特定轨道反复环绕，未出现直接收敛至角点均衡的现象，而是呈现中心型或弱稳定结构的周期/准周期运动。这一相轨迹特征与前文稳定性分析相一致，说明系统 II 虽在单变量时间路径上提升了合规与监管水平，但在双变量联合动态中仍需辅以跨期反馈或差异化激励，以打破螺旋循环、推动系统向高监管 - 高合规的理想均衡(1,1)收敛。

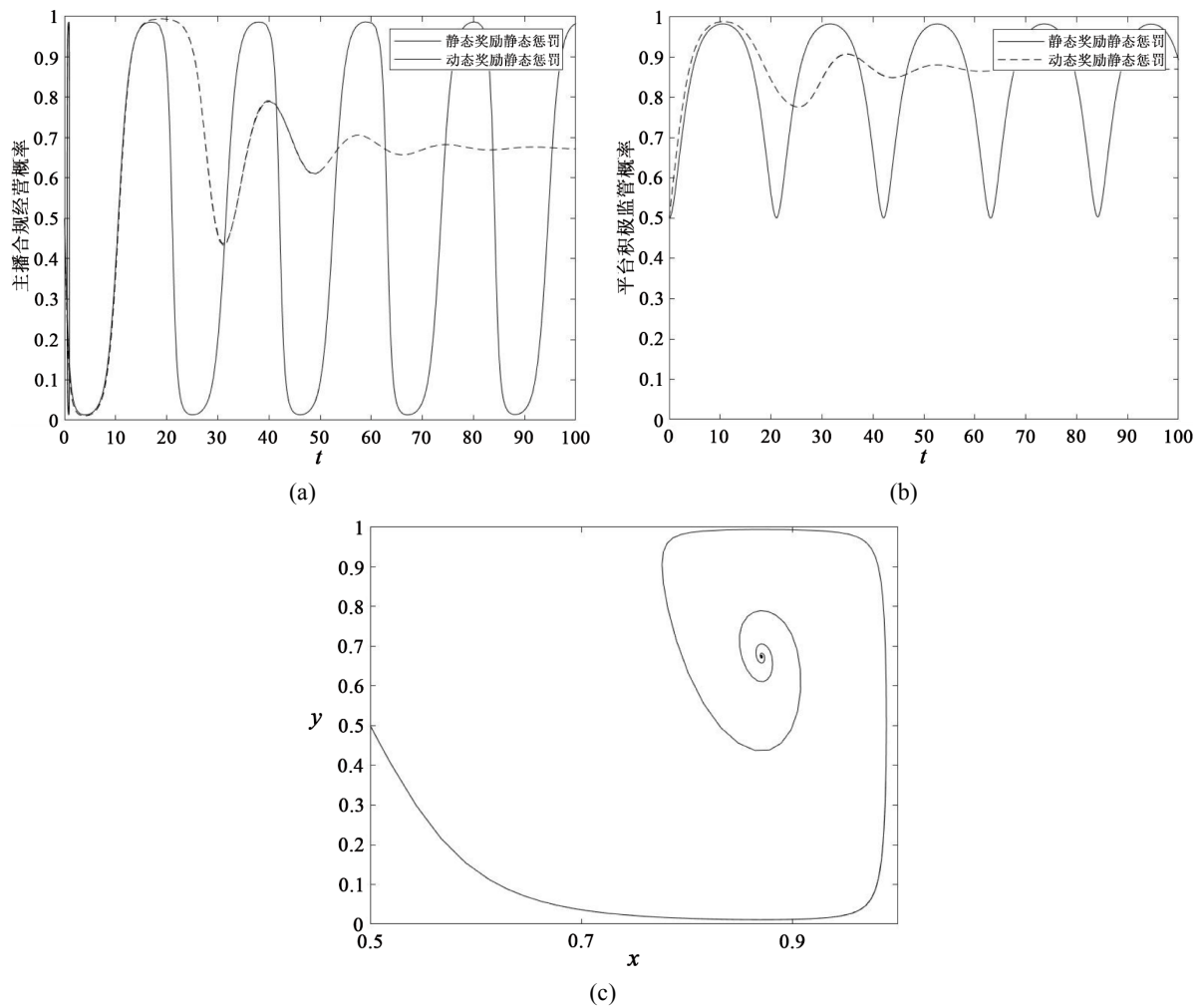


Figure 2. Evolutionary paths of anchor compliant operation in Systems (I) and (II) (a), Evolutionary paths of platform active supervision in Systems (I) and (II) (b), and Dynamic evolutionary process of System (II) (c)

图 2. 系统(I) (II)主播合规经营演化路径(a), 系统(I) (II)平台积极监管演化路径(b), 系统(II)的动态演化过程(c)

3.2. 静态奖励动态惩罚机制

针对原有固定奖励常数 F 的局限性，引入线性衰减函数 $f(x) = (1-x)F$ 替代原函数，并将其嵌入公式 4 与公式 8 中，最终构建起表征双主体演化规律的二维动力系统(III)。该系统通过复制动态原理刻画主体状态随时间的演变轨迹，其状态方程分别为：

$$\begin{cases} F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x) [y(S_p - W - (1-x)F + I_g - L_p - P_g) + (1-x)F - I_g + L_p + P_g - C_g] \\ F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y) [x(W + (1-x)F + L_s) - C_s + \Delta R] \end{cases} \quad (13)$$

为考察静态奖励静态惩罚(系统 I)与静态奖励动态惩罚(系统 III)两种机制对平台与政府监管行为的差异化影响, 绘制了平台积极监管概率的时间演化路径、政府积极监管概率的时间演化路径, 以及系统 III 中平台监管概率对主播合规经营概率影响的相关轨迹。

图 3(a)展示了系统 I 与系统 III 下平台积极监管概率随时间的演化趋势。实线对应系统 I, 虚线对应系统 III。可见, 在系统 I 中, 平台积极监管概率自初始值迅速攀升, 约在 $t = 20$ 时接近 1 并维持高位稳定, 仅伴随小幅波动, 表明静态惩罚机制可在短期内激励平台持续投入监管资源并形成稳定策略; 而在系统 III 中, 平台积极监管概率初始阶段即快速下降, 并长期维持在较低水平趋于平稳, 说明动态惩罚削弱了平台的监管激励, 使其在长期演化中趋向消极监管, 反映出动态惩罚机制在缺乏配套激励补偿时可能引发监管退缩风险。

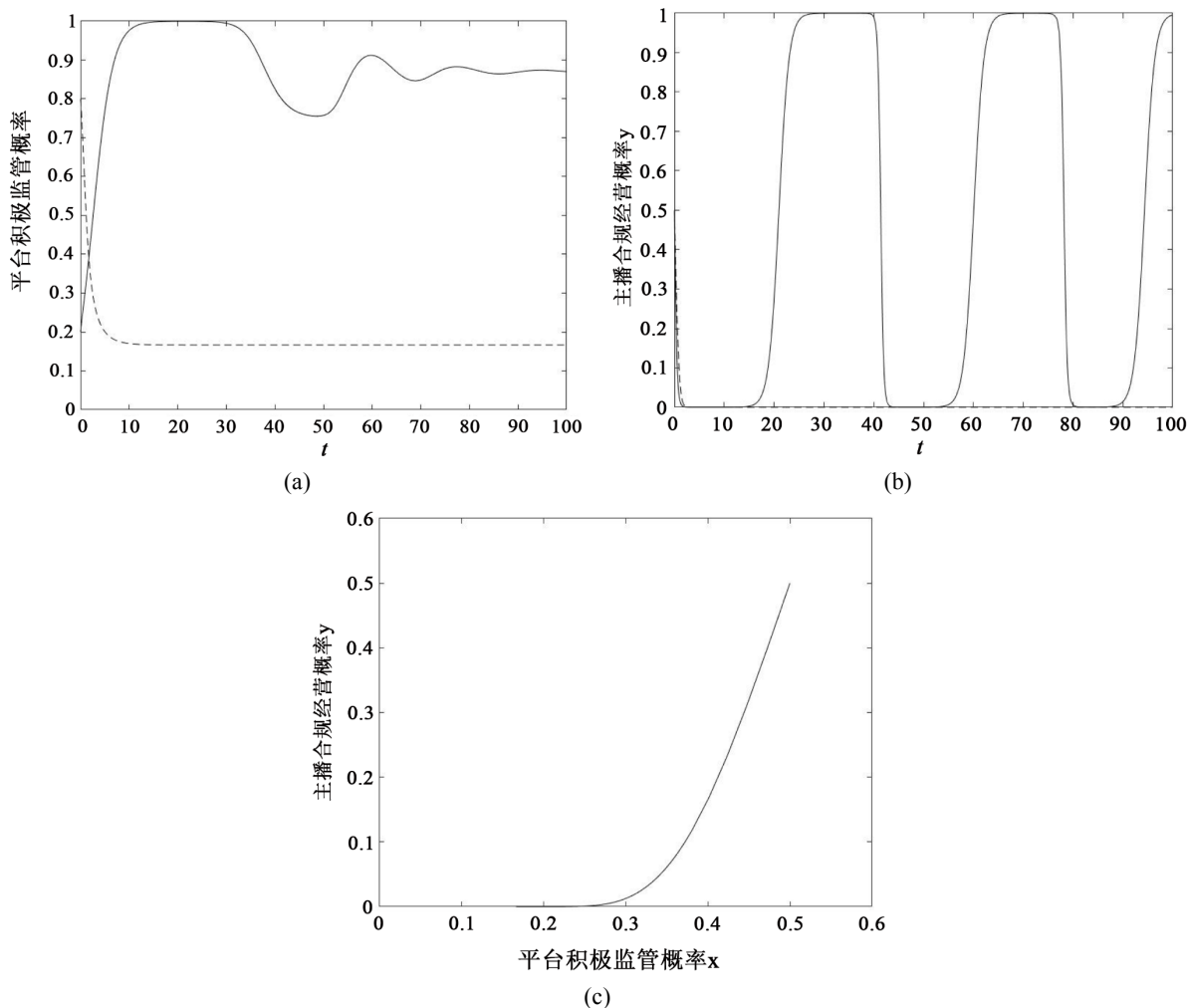


Figure 3. Evolutionary paths of platform active supervision in Systems (I) and (III) (a), Evolutionary paths of government active supervision in Systems (I) and (III) (b), and Dynamic evolutionary process of System (III) (c)

图 3. 系统(I) (III)平台积极监管演化路径(a), 系统(I) (III)政府积极监管演化路径(b), 系统(III)的动态演化过程(c)

图 3(b)刻画了系统 I 与系统 III 下政府积极监管概率的演化路径。两条曲线均呈 S 形上升趋势，自左下角接近原点起步，随时间推移先缓后急地增长，最终趋近于 1。四条曲线形态相近且间距较小，表明在政府层面，无论是静态还是动态惩罚机制，均能促进政府积极监管概率稳步提升，且提升过程具有较强的稳健性；动态惩罚并未在政府行为演化中产生显著的抑制效应，这与政府在公共治理中更强的制度刚性及外部问责压力有关。

图 3(c)以相平面形式呈现系统 III 的动态演化过程，横轴为平台积极监管概率，纵轴为主播合规经营概率，黑色实线为系统 III 中 (x, y) 的演化轨迹。曲线自原点附近启动，当 $x < 0.3$ 时， y 增长极为缓慢，几乎与横轴重合，表明平台监管强度不足时，主播合规经营概率难以有效提升；当 x 跨越约 0.3 的临界值后， y 增速显著加快并呈加速上升趋势。该轨迹揭示了平台监管概率对主播合规行为存在非线性门槛效应，当监管强度突破特定阈值，才能激发主播的合规动机，且二者呈现协同增强的演化特征。

综上，图 3 的仿真结果表明静态惩罚机制在平台层面可快速促成监管稳态，但动态惩罚在无配套激励时易导致平台监管退缩；政府监管在两类机制下均具稳健提升趋势；平台监管强度对主播合规经营存在显著的非线性促进效应，只有在监管跨越临界阈值后，合规水平方能显著提升。

3.3. 动态奖励动态惩罚机制

通过将传统公式中的静态参数 W 替换为随状态 x 动态调整的激励项 $w(x) = xW$ ，并将惩罚项 F 替换为表征逆向约束的 $f(x) = (1-x)F$ ，推导出双主体策略演化的动力学方程组(IV)：

$$\begin{cases} F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x) \left[y(S_p - xW - (1-x)F + I_g - L_p - P_g) + (1-x)F - I_g + L_p + P_g - C_g \right] \\ F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y) \left[x(xW + (1-x)F + L_s) - C_s + \Delta R \right] \end{cases} \quad (14)$$

为系统比较不同奖惩机制下平台 - 主播互动的演化特征，将原静态奖励动态惩罚机制下的系统记作(III)，将动态奖励动态惩罚机制下的系统记作(IV)，并绘制多组时间路径与相轨迹图，以揭示机制差异对主体行为的深层影响。

图 4(a)展示了系统(III)与系统(IV)中平台积极监管概率的演化路径。实线对应系统(III)静态奖励动态惩罚机制，虚线对应系统(IV)动态奖励动态惩罚机制。可见，在系统(III)中，平台积极监管概率自初始值约 0.20 起步，呈缓慢下降趋势，至 $t = 10$ 时降至 0.19 并长期稳定；而在系统(IV)中，初始值高达 0.78，却在短期内急剧衰减，至 $t = 7$ 与系统(III)汇合，最终同样收敛于 0.19。该对比表明，尽管动态奖励动态惩罚在初期能激发更高的监管强度，但因缺乏持续性激励锚点，致使平台在长期演化中趋向与系统(III)相同的低监管稳态，凸显动态机制设计激励与约束平衡的重要性。

图 4(b)刻画了系统(III)与系统(IV)中主播合规经营概率的演化路径。两条曲线均呈下降趋势，但系统(III)由 0.5 逐步降至 0.05，系统(IV)起点较低(0.3)，且在 $t \geq 3$ 后稳定在 0.05 左右。这说明，在动态奖励动态惩罚机制下，主播合规动机在初期即被显著抑制，并更快进入低合规稳态，反映出双动态机制对主播行为的“双重弱化”效应。一方面奖励随监管强度递减削弱正向激励，另一方面惩罚随违规概率调整降低威慑力，从而加速合规退化。

图 4(c)以呈现了系统(IV)的演化路径。黑色曲线从原点附近起始，初期增长极为平缓。这表明当平台监管强度较低时，主播合规概率难以被有效拉动；而一旦监管强度跨约 0.3 的临界点，曲线便快速上扬，形成明显拐点。这一轨迹揭示了平台监管对主播合规存在非线性门槛效应，二者在监管突破阈值后形成协同增强。这对机制设计中如何把握“关键阈值”提供了重要启示。

图 4(d)则对比了系统(I)至(IV)中平台积极监管概率随时间的变化。从多系统对照可以看出，奖惩机

制的类型与参数结构对平台监管行为的时序模式有决定性影响。静态奖励 + 静态惩罚能在短期内促成较高且稳定的监管水平；而动态奖励 + 动态惩罚则容易诱发监管概率初期冲高、后期快速衰减的“倒U型”或单调下降轨迹。这提醒我们在实际治理中需警惕动态机制可能带来的短期激励陷阱，或许需要通过跨期补偿或差异化设计来维持监管的持续性。

综合图4的仿真结果可见，奖惩机制的动态化程度必须与激励-约束的可持续性相匹配。此外，平台监管强度对主播合规的影响存在显著的非线性门槛效应，当突破临界值，两者便能实现协同提升。

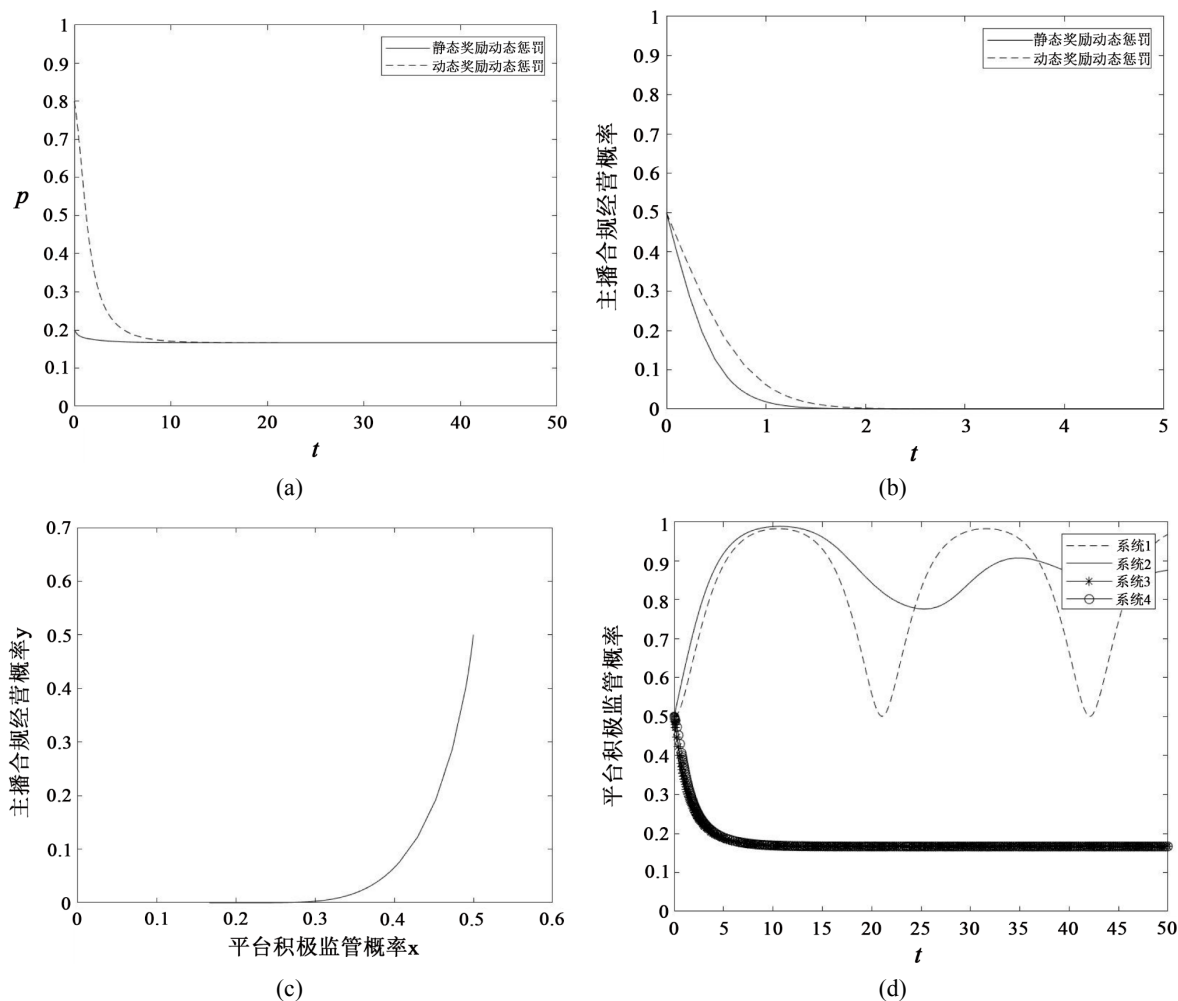


Figure 4. Evolutionary paths of platform active supervision in Systems (III) and (IV) (a), Evolutionary paths of anchor compliant operation in Systems (III) and (IV) (b), Dynamic evolutionary process of System (IV) (c), and Evolutionary paths of platform active supervision in Systems (I) and (IV) (d)

图 4. 系统(III) (IV)中平台积极监管演化路径(a)，系统(III) (IV)中主播合规经营演化路径(b)，系统(IV)的动态演化过程(c)，系统(I)系统(IV)中平台积极监管演化路径(d)

3.4. 奖励和惩罚强度对演化路径的影响

为探究奖惩力度在直播电商供应链治理中的动态调节作用，分别分析了惩罚强度与奖励强度对平台积极监管概率及主播合规经营概率演化轨迹的影响，仿真结果如图5所示。

图5(a)展示了在固定奖励与动态惩罚框架下，平台积极监管概率随惩罚力度变化的响应。随着惩罚力度的提高，平台监管概率的上升曲线斜率更陡，最终稳态值也更高。加大惩罚力度能显著激发平台持

续投入监管资源的动力，并在较短时间内建立起高强度监管的稳态。这一结果印证了“惩罚威慑 - 监管强化”的正向因果关系，提示在治理初期适当提高惩罚强度，有助于迅速形成监管高压态势。

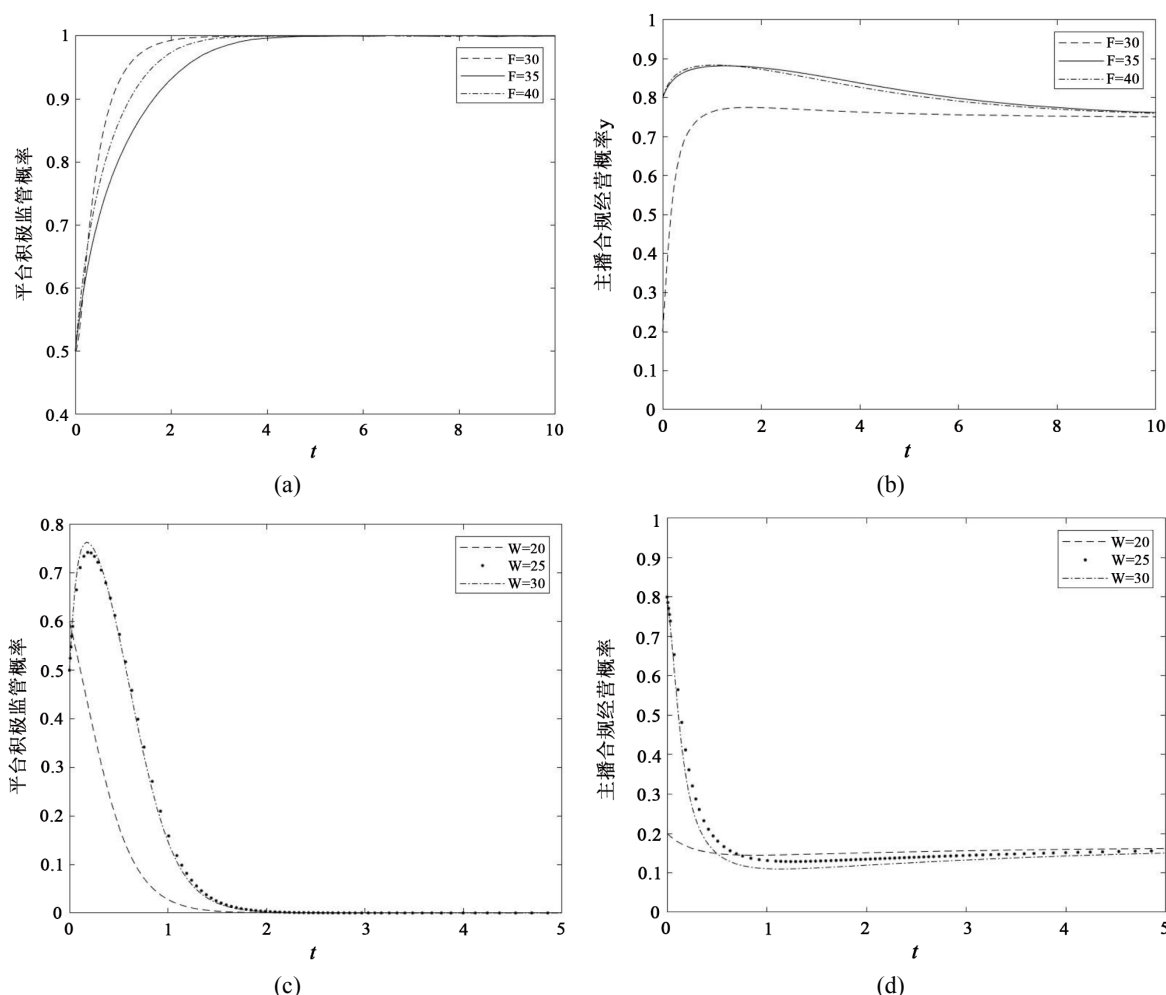


Figure 5. Effects of punishment intensity on platform active supervision (a), Effects of punishment intensity on anchor compliant operation (b), Effects of reward intensity on platform active supervision (c), and Effects of reward intensity on anchor compliant operation (d)

图 5. 惩罚力度对平台积极监管的影响(a), 惩罚力度对主播合规经营的影响(b), 奖励力度对平台积极监管的影响(c), 奖励力度对主播合规经营的影响(d)

图 5(b)进一步揭示了惩罚力度对主播行为的影响。惩罚力度越大，主播因违规被查处及声誉损失的预期成本越高，其选择合规经营的意愿也越强。这与图 4 的发现相互呼应，说明惩罚机制在平台与主播的双层治理中具有协同强化效应：高惩罚不仅直接激励平台加强监管，还通过威慑效应引导主播主动合规，从而在供应链层面有效降低失信风险。

图 5(c)呈现了奖励力度变化下平台监管概率的演化轨迹。与惩罚机制不同，奖励力度的增大虽然能使平台监管概率在初期达到更高峰值，但随后下降速度也更快。这表明，单纯依靠奖励驱动平台积极监管，虽然能在短期内激发较高监管强度，但缺乏持续性。随着监管状态接近饱和，奖励的边际激励效应迅速减弱，导致平台策略很快退化为消极监管。这一现象提醒我们，奖励机制若缺乏惩罚等约束手段的配合，容易陷入“短期激励 - 长期懈怠”的治理困境。

图 5(d)则展示了奖励力度对主播合规概率的影响。无论奖励强度高低，主播合规概率均从接近 0.9

的初始值快速下降至约 0.2 后趋于平稳，且在同一时点上，奖励力度越大合规概率略高，但差异有限。这说明奖励对主播合规的边际促进作用较弱，且随时间推移衰减显著。究其原因，主播的合规决策更多受到违规成本的刚性约束，而奖励带来的增量收益往往被短期利益或违规诱惑所抵消，因此难以单独依靠奖励维持高水平的合规稳态。

4. 结论

本研究基于演化博弈理论，构建“直播+”电商供应链中平台监管与主播的双主体动态奖惩模型，分析不同奖惩组合下的演化路径、均衡稳定性及协同效应，探讨奖惩力度对双方行为的影响。主要结论如下：

(1) 静态奖惩机制下，双方行为呈周期性波动，无法自动稳定，表明传统固定机制难以支撑持续高监管 - 高合规稳态，需优化激励约束结构。

(2) 动态奖励 - 静态惩罚仍周期波动；静态奖励 - 动态惩罚与动态奖励 - 动态惩罚则螺旋收敛至唯一稳定均衡，其中动态奖励 - 动态惩罚机制激励效应最显著，治理效能最优。

(3) 适度强化惩罚力度，对违规牟利者提高惩罚强度，收回奖励并严罚，可形成威慑，提升主播合规概率，降低平台监管成本，优化资源配置。

(4) 平台应制定科学动态奖惩政策，依主播类型与发展阶段调整：新人/中小主播以奖励扶持为主、惩罚为辅；规模扩大后降低奖励、强化监督惩罚。避免长期高奖励的依赖与成本压力。

(5) 监管强度对主播合规存在非线性门槛效应，仅当监管概率超临界值，合规概率才显著跃升并加速上升，需分阶段提升监管强度以突破阈值，实现协同增效。

综上，动态奖励 - 动态惩罚机制效果最佳，惩罚力度增强可提升威慑与合规，政策需差异化设计，为平台治理、行业与政府政策制定及供应链高质量发展提供理论与实践支撑。未来可拓展至多主体模型，引入时间滞后、信息不对称等因素，结合大数据与机器学习开展实证检验，为精准治理提供支持。

基金项目

国家社会科学基金重大项目(20&ZD058)。

参考文献

- [1] 王晓锋, 王姝宸. 动态奖惩机制下“直播+”电商供应链演化博弈分析[J]. 上海管理科学, 2025, 47(6): 29-38.
- [2] 危小超, 余其平, 聂规划. 过度自信下直播电商信用监管的随机演化分析[J]. 系统工程学报, 2024, 39(4): 552-569.
- [3] 胡春华, 陈皖, 周艳菊, 等. 基于演化博弈的直播电商监管机制研究[J]. 管理科学学报, 2023, 26(6): 126-141.
- [4] 李春发, 曹颖颖, 王聪, 等. 平台规制下直播电商三方策略演化博弈与仿真[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2022, 19(1): 34-44.
- [5] 赵雪, 张金凤. 网红直播带货售后服务对消费者行为的影响——直播生态下的多主体演化博弈[J]. 技术经济, 2024, 43(4): 143-158.
- [6] 郭延祿, 罗公利, 侯贵生, 等. “种草”与“翻车”: 网红直播带货的产品质量问题与治理研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(10): 162-174.
- [7] 万晓榆, 赵思齐. 网络直播平台监管策略的演化博弈分析及仿真研究[J]. 重庆邮电大学学报(社会科学版), 2022, 34(1): 115-124.
- [8] 刘建刚, 吴倩, 张美娟. 直播带货平台生态体系价值共毁的演化博弈[J]. 中国管理科学, 2023, 31(3): 143-154.
- [9] 何鹏, 尚琦, 王先甲, 等. “直播+”背景下考虑平台监管的电商供应链演化博弈分析[J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(8): 2366-2379.
- [10] 曹二保, 付太飞, 张耀丹. 主播选品、质量信息披露与直播电商渠道选择[J]. 系统工程理论与实践, 2026, 46(1): 298-317.