

基于演化博弈的化妆品安全治理策略研究

杨国庆

浙江师范大学数学科学学院, 浙江 金华

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月18日; 发布日期: 2026年4月24日

摘要

近年来我国化妆品产业发展迅速, 已成为全球第二大化妆品消费市场, 但行业扩张过程中暴露出违规生产、第三方检测机构寻租合谋、监管信息不对称等质量安全风险。本文基于演化博弈理论, 构建化妆品生产商、第三方检测机构与政府监管部门的三方演化博弈模型, 分析博弈各方的策略演化过程、系统演化稳定策略及影响策略选择的关键因素, 并通过数值仿真验证参数对演化结果的影响。研究表明, 系统存在两组演化稳定策略, 其中(合规生产, 拒绝寻租, 宽松监管)为行业治理的理想稳态, 奖惩力度、寻租成本、监管成本是影响策略演化的关键因素, 研究结果可为完善化妆品安全监管机制提供理论参考。

关键词

演化博弈, 化妆品, 第三方检测机构, 政府监管部门, 复制动态方程

Research on Cosmetic Safety Governance Strategies Based on Evolutionary Game Theory

Guoqing Yang

School of Mathematical Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

Received: March 23, 2026; accepted: April 18, 2026; published: April 24, 2026

Abstract

In recent years, China's cosmetics industry has developed rapidly and has become the world's second-largest consumer market for cosmetics. However, during the expansion of the industry, quality and safety risks such as illegal production, rent-seeking collusion by third-party testing agencies, and asymmetric regulatory information have been exposed. This article is based on evolutionary game theory to construct a tripartite evolutionary game model between cosmetics manufacturers,

third-party testing agencies, and government regulatory departments. It analyzes the strategic evolution process of each party in the game, the stable strategy of the system evolution, and the key factors affecting strategy selection. The influence of parameters on the evolutionary results is verified through numerical simulation. Research has shown that there are two sets of evolutionary stable strategies in the system, among which (compliant production, refusal of rent-seeking, relaxed regulation) is the ideal steady state of industry governance. The strength of rewards and punishments, rent-seeking costs, and regulatory costs are key factors affecting the evolution of strategies. The research results can provide theoretical references for improving the regulatory mechanism of cosmetics safety.

Keywords

Evolutionary Game, Cosmetics, Third-Party Testing Institution, Government Regulatory Department, Replicator Dynamic Equation

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,我国化妆品产业进入高速发展阶段,随着居民消费能力不断提升、颜值经济兴起,化妆品消费需求得到持续释放。国家统计局相关数据显示,2025年我国限额以上单位化妆品类商品零售总额已突破4200亿元。目前我国已成为全球第二大化妆品消费市场,化妆品产业更是成为推动消费升级、助力国民经济高质量发展的重要力量。一方面,化妆品产业的蓬勃发展带动了上下游产业链的协同升级,既创造了大量就业岗位,也丰富了居民的消费选择;但在另一方面,化妆品直接接触人体皮肤,质量安全直接关系到消费者的身体健康与生命安全,产业快速扩张的过程中,也暴露出了不少质量安全风险[1]。

当前我国化妆品产业市场主体数量庞大、规模参差不齐,部分企业受利益最大化的驱动,存在违规生产、虚假宣传等违规行为;同时,作为质量安全重要把关环节的第三方检测机构,也存在与企业寻租合谋、出具虚假检测报告的风险,再加上监管部门与市场主体之间存在信息不对称,一旦监管力度不足、监管机制不完善,就会进一步加剧行业乱象,严重制约化妆品产业的发展。基于此,本文在化妆品安全协同治理的背景下,借助演化博弈理论,构建了化妆品安全治理场景下化妆品生产商、第三方检测机构与政府监管部门的三方演化博弈模型,分析博弈各方的策略演化过程、系统的演化稳定策略以及影响各方策略选择的主要因素,为政府完善化妆品安全监管机制、规范市场主体行为提供对应的理论参考。

2. 文献综述

随着颜值经济崛起、化妆品市场规模持续扩张,化妆品生产、检测与监管环节的协同机制已成为学界重点研究方向,国内外已围绕该领域多维度展开探索,形成了丰富的理论与实践成果,但仍存在明显研究局限。国内研究中,吴佩慧等[2]构建了适配国内产业现状的化妆品原料全流程监管模式,为行业源头管控奠定基础,却仅聚焦静态监管流程设计,未考虑市场主体行为博弈对监管效能的动态影响;吴婷婷、单敏[3]梳理了国内监管体制运行中的现存问题并给出优化路径,为监管机制改革提供了实践参照,却未能突破单向监管的分析视角;曹熾等[4]梳理各国化妆品监管经验并提炼国内适配方案,为监管国际化接轨提供理论支撑;方萍等[5]借助博弈均衡理论分析化妆品企业与监管部门的行为博弈,实现了研究方法创新,却局限于双方博弈框架,未纳入承担核心把关作用的第三方检测机构。国外研究方面,Kashuri

等[6]针对化妆品全球监管难题提出协同监管策略,拓宽了国际化研究视野; Rocca 等[7]从可持续发展角度开辟了化妆品行业环保监管的新研究视角; Kaushik 等[8]为化妆品化学成分安全监管提供了技术规范参考; 上述研究虽丰富了化妆品安全治理的研究维度,但其结论多基于成熟市场监管环境,对我国转型期市场第三方机构寻租合谋、监管信息不对称等本土化问题解释力有限,且缺乏对多主体有限理性下策略演化过程的系统性刻画。

整体来看,现有研究已覆盖监管模式、体制改革、博弈分析、成分安全等维度,为化妆品安全治理提供了充足参考。但多数研究局限于单一主体、单向监管关系或两方博弈框架,针对生产商、第三方检测机构、政府监管部门三方利益博弈下的策略演化、协同均衡及长效监管机制研究仍存在空白。基于此,本文依托演化博弈理论构建三方演化博弈模型,突破现有研究的框架局限,刻画有限理性下三方主体的动态策略互动与演化过程,弥补多方协同监管动态分析的研究短板,为化妆品行业高质量发展提供更贴合现实的理论支持。

3. 模型假设

为构建三方演化博弈模型,分析化妆品生产商、第三方检测机构与政府监管部门各方的策略稳定性,以及各要素对博弈主体策略选择的影响关系,作出如下假设:

假设 1 在博弈过程中,各利益相关方均采取两种策略,这两种策略均属于有限理性范畴,旨在实现自身利益最大化。化妆品生产商的策略集为{合规生产,违规生产},第三方检测机构的策略集为{拒绝寻租,意图寻租},政府监管部门的策略集为{严格监管,宽松监管}。

假设 2 化妆品生产商选择合规生产的概率为 $x(0 \leq x \leq 1)$,选择违规生产的概率为 $1-x$;第三方检测机构选择拒绝寻租的概率为 $y(0 \leq y \leq 1)$,选择意图寻租的概率为 $1-y$;政府选择严格监管的概率为 $z(0 \leq z \leq 1)$,选择宽松监管的概率为 $1-z$ 。

假设 3 化妆品上市后的市场销售收入为 R_D ,化妆品生产企业合规制造化妆品的成本为 C_{D1} ,违规制造化妆品的成本为 C_{D2} 。当化妆品生产企业合规生产时,严格按照国家化妆品安全标准完成全流程生产管理;当企业违规制造化妆品时,会向第三方化妆品检测机构寻租以通过检测获得上市销售备案许可,寻租成本为 B_T 。生产违规化妆品的投机行为将产生额外经营管理成本,主要包括伪造生产记录、虚假宣称产品功效、规避原料溯源管理等费用,设化妆品生产企业的投机成本为 C_{D3} 。

假设 4 化妆品经第三方检测机构检测合格后方可上市销售,检测不合格的产品无法完成备案与上市流通,第三方检测机构的基础检测服务收益为 R_E 。化妆品生产企业违规制造化妆品时,若第三方检测机构拒绝寻租,则产品检测不合格,无法上市;若第三方化妆品检测机构意向寻租,则与企业发生合谋行为,帮助违规化妆品获得上市备案许可。第三方化妆品检测机构意向寻租的投机成本为 C_{E1} ,主要包括伪造检测记录、出具虚假检验报告、规避监管核查、加强信息隐匿等相关费用。

假设 5 当政府严格监管时,如果化妆品生产企业违规制造化妆品被查处,将被处以罚款 F_D ,与企业合谋意图寻租的第三方化妆品检测机构将被处以罚款 F_E ;若企业合规制造化妆品,将获得政府给予的合规激励奖励 M_D ,同时对拒绝寻租、坚守合规检测的第三方化妆品检测机构给予奖励 M_E 。当政府宽松监管时,无法获得企业和第三方机构的完整策略选择信息,不对博弈主体作出奖惩。设政府监管部门严格监管的执行成本为 C_F 。

假设 6 化妆品生产企业合规制造化妆品,有利于保障公众用妆安全、维护化妆品行业良性发展秩序、提振消费信心,为政府带来社会收益 A_G 。企业生产违规化妆品且与第三方检测机构达成寻租合谋时,违规化妆品流入市场,将引发公众健康损害、消费维权纠纷、行业信任危机等问题,为维护市场秩序、整治行业乱象,政府将产生社会治理与应急处置成本 W_G 。若政府监管部门采取宽松监管策略导致监管缺失,

发生违规化妆品流入市场的情况时，政府监管部门将会受到上级主管部门的追责，被处以行政处罚额为 N_G 。

结合上文提出的假设及参数定义，本文搭建了由化妆品生产商、第三方检测机构和政府监管部门共同参与的演化博弈收益矩阵。如表 1 所示。

Table 1. Game payoff matrix
表 1. 博弈收益矩阵

云服务商	第三方检查机构	政府	
		严格监管 z	宽松监管 $1-z$
合规生产 x	拒绝寻租 y	$R_D - C_{D1} + M_D$	$R_D - C_{D1}$
		$R_E + M_E$	R_E
	意图寻租 $1-y$	$A_G - C_G - M_D - M_E$	A_G
		$R_D - C_{D1} + M_D$	$R_D - C_{D1}$
违规生产 $1-x$	拒绝寻租 y	$R_E - C_{E1} - F_E$	$R_E - C_{E1}$
		$A_G + F_E - C_G - M_D$	A_G
	意图寻租 $1-y$	$-C_{D2} - C_{D3} - F_D$	$-C_{D2} - C_{D3}$
		$R_E + M_E$	R_E
		$F_D - C_G - M_E$	0
		$R_p - C_{D2} - C_{D3} - B_T - F_D$	$R_p - C_{D2} - C_{D3} - B_T$
		$R_E + B_T - C_{E1} - F_E$	$R_E + B_T - C_{E1}$
		$F_D + F_E - C_G - W_G$	$-N_F - W_G$

4. 模型稳定性分析

4.1. 化妆品生产商稳定性分析

化妆品生产商选择合规生产策略的期望收益、违规生产策略的期望收益以及平均期望收益分别为：

$$\begin{aligned}
 U_{D1} &= yz(R_D - C_{D1} + M_D) + (1-y)z(R_D - C_{D1} + M_D) \\
 &\quad + y(1-z)(R_D - C_{D1}) + (1-y)(1-z)(R_D - C_{D1}), \\
 U_{D2} &= (1-y)z(R_D - C_{D2} - C_{D3} - B_T - F_D) - yz(C_{D2} + C_{D3} + F_D) \\
 &\quad + y(1-z)(-C_{D2} - C_{D3}) + (1-y)(1-z)(R_D - C_{D2} - C_{D3} - B_T), \\
 \bar{U}_D &= xU_{D1} + (1-x)U_{D2}.
 \end{aligned}$$

根据 Malthusian 方程，可得云服务商的复制动态方程为：

$$\begin{aligned}
 F(x) &= \frac{dx}{dt} = x(U_{D1} - \bar{U}_D) \\
 &= x(x-1)[C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - B_T - y(R_D - B_T) - z(F_D + M_D)]
 \end{aligned}$$

令 $F(x) = 0$ 可以得到： $x = 0$ 或 $x = 1$ 或 $y = \frac{C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - B_T - z(F_D + M_D)}{R_D - B_T} = y^*$ 。

由微分方程稳定性定理可知：若 $F(x) = 0$ 且 $F'(x) < 0$ ，则 x 是稳定点。

(1) 当 $y = y^*$ 时，对于任意的 x ，都同时存在 $F(x) = 0$ 和 $F'(x) < 0$ ，因此 x 处于稳定状态。此时化妆

品生产商采取的任意策略都是该点处的稳定策略。

(2) 当 $y \neq y^*$ 时, 只有 $x = 0$, $x = 1$ 两点是稳定状态, 此时分为两种情况:

当 $0 < y < y^* < 1$ 时, $F'(x)|_{x=0} < 0$, $F'(x)|_{x=1} > 0$, 于是 $x = 0$ 是演化稳定策略, 在该点上有限理性的化妆品生产商会选择违规生产的策略;

当 $0 < y^* < y < 1$ 时, $F'(x)|_{x=0} > 0$, $F'(x)|_{x=1} < 0$, 于是 $x = 1$ 是演化稳定策略, 在该点上有限理性的化妆品生产商会选择合规生产的策略。

由上述分析可知, 化妆品生产商的策略演化不仅受第三方监管机构与政府监管部门的策略约束, 其合规生产成本、产品销售收入等参数变动也会对自身策略演化产生作用。

4.2. 第三方检测机构稳定性分析

第三方检查机构选择拒绝寻租策略的期望收益、意图寻租策略的期望收益以及政府选择收益分别为:

$$\begin{aligned} U_{E1} &= xz(R_E + M_E) + (1-x)z(R_E + M_E) + x(1-z)R_E + (1-x)(1-z)R_E, \\ U_{E2} &= xz(R_E - C_{E1} - F_E) + (1-x)z(R_E + B_T - C_{E1} - F_E) \\ &\quad + x(1-z)(R_E - C_{E1}) + (1-x)(1-z)(R_E + B_T - C_{E1}), \\ \bar{U}_E &= yU_{E1} + (1-y)U_{E2}. \end{aligned}$$

根据 Malthusian 方程, 可得云服务商的复制动态方程为:

$$\begin{aligned} F(y) &= \frac{dy}{dt} = y(U_{E1} - \bar{U}_E) \\ &= y(y-1)[(1-x)(B_T - M_E) - z(F_E + M_E) - C_{E1}] \end{aligned}$$

令 $F(y) = 0$ 可以得到: $y = 0$ 或 $y = 1$ 或 $z = \frac{(1-x)B_T - C_{E1}}{F_E + M_E} = z^*$ 。

由微分方程稳定性定理可知: 若 $F(y) = 0$ 且 $F'(y) < 0$, 则 y 是稳定点。

(1) 当 $z = z^*$ 时, 对于任意的 x , 都同时存在 $F(y) = 0$ 和 $F'(y) < 0$, 因此 y 处于稳定状态。此时第三方检测机构采取的任意策略都是该点处的稳定策略。

(2) 当 $z \neq z^*$ 时, 只有 $y = 0$, $y = 1$ 两点是稳定状态, 此时分为两种情况:

当 $0 < z < z^* < 1$ 时, $F'(y)|_{y=0} < 0$, $F'(y)|_{y=1} > 0$, 于是 $y = 0$ 是演化稳定策略, 在该点上有限理性的第三方检测机构会选择意图寻租的策略;

当 $0 < z^* < z < 1$ 时, $F'(y)|_{y=0} > 0$, $F'(y)|_{y=1} < 0$, 于是 $y = 1$ 是演化稳定策略, 在该点上有限理性的第三方检测机构会选择拒绝寻租的策略。

由上述分析可知, 第三方监管机构的策略演化受多种情况的影响, 寻租成本等参数都会影响策略的选择。

4.3. 政府稳定性分析

政府监管部门选择严格监管策略的期望收益、宽松监管策略的期望收益以及平均期望收益分别为:

$$\begin{aligned} U_{F1} &= xy(A_G - C_G - M_D - M_E) + (1-x)y(F_D - C_G - M_E) \\ &\quad + x(1-y)(A_G + F_E - C_G - M_D) + (1-x)(1-y)(F_D + F_E - C_G - W_G) \\ U_{F2} &= xyA_G + x(1-y)A_G - (1-x)(1-y)(N_G + W_G) \\ \bar{U}_F &= zU_{F1} + (1-z)U_{F2} \end{aligned}$$

根据 Malthusian 方程, 可得云服务商的复制动态方程为:

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(U_{F1} - \bar{U}_F) = z(z-1)[C_G - F_D - F_E - N_G + x(F_D + N_G + M_D) + y(F_E + N_G + M_E) - xyN_G]$$

令 $F(z) = 0$ 可以得到: $z = 0$ 或 $z = 1$ 或 $y = \frac{F_D + F_E + N_G - C_G - x(F_D + N_G + M_D)}{F_E + N_G + M_E - xN_G} = y^{**}$ 。

由微分方程稳定性定理可知: 若 $F(z) = 0$ 且 $F'(z) < 0$, 则 z 是稳定点。

(1) 当 $y = y^{**}$ 时, 对于任意的 z , 都同时存在 $F(z) = 0$ 和 $F'(z) < 0$, 因此 z 处于稳定状态。此时政府监管部门采取的任意策略都是该点处的稳定策略。

(2) 当 $y \neq y^{**}$ 时, 只有 $z = 0, z = 1$ 两点是稳定状态, 此时分为两种情况:

当 $0 < y < y^{**} < 1$ 时, $F'(z)|_{z=0} > 0, F'(z)|_{z=1} < 0$, 于是 $z = 1$ 是演化稳定策略, 在该点上有限理性的政府监管部门会选择严格监管的策略;

当 $0 < y^{**} < y < 1$ 时, $F'(z)|_{z=0} < 0, F'(z)|_{z=1} > 0$, 于是 $z = 0$ 是演化稳定策略, 在该点上有限理性的政府监管部门会选择宽松监管的策略。

由上述分析可知, 政府监管部门的策略演化不仅会受到化妆品生产商的影响还会受到第三方监管机构的影响, 政府的奖惩、严格监管的成本等参数都会影响政府监管部门的行为变化。

4.4. 博弈三方演化稳定策略分析

根据以上结果, 联立方程组, 得到了化妆品生产商、第三方检测机构、政府监管部门的复制动力系统为:

$$\begin{cases} F(x) \equiv x(x-1)[C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - B_T - y(R_D - B_T) - z(F_D + M_D)] \\ F(y) \equiv y(y-1)[(1-x)(B_T - M_E) - z(F_E + M_E) - C_{E1}] \\ F(z) \equiv z(z-1)[C_G - F_D - F_E - N_G + x(F_D + N_G + M_D) + y(F_E + N_G + M_E) - xyN_G] \end{cases}$$

根据 Ritzberger 和 Weibull 的研究的结果可知, 对于云服务商、第三方检测机构和政府三方之间的系统演化均衡点的稳定性, 只需讨论均衡点 $E_1(0,0,0), E_2(1,0,0), E_3(0,1,0), E_4(0,0,1), E_5(1,1,0), E_6(1,0,1), E_7(0,1,1), E_8(1,1,1)$ 的渐进稳定性, 其余的点则都是非渐近稳定点。根据化妆品生产商、第三方检测机构和政府监管部门的复制动态方程, 可得系统的雅克比矩阵为:

$$J = \begin{pmatrix} (2x-1) \begin{bmatrix} C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - B_T \\ -y(R_D - B_T) \\ -z(F_D + M_D) \end{bmatrix} & x(x-1)(B_T - R_D) & x(1-x)(F_D + M_D) \\ y(1-y)B_T & (1-2y) \begin{bmatrix} (1-x)B_T \\ -z(F_E + M_E) - C_{E1} \end{bmatrix} & y(1-y)(F_E + M_E) \\ z(z-1)[F_D + N_G + M_D - yN_G] & z(z-1)[F_E + N_G + M_E - xN_G] & (2z-1) \begin{bmatrix} C_G - F_D - F_E - N_G \\ +x(F_D + N_G + M_D) \\ +y(F_E + N_G + M_E) - xyN_G \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

将均衡点 $E_1(0,0,0), E_2(1,0,0), E_3(0,1,0), E_4(0,0,1), E_5(1,1,0), E_6(1,0,1), E_7(0,1,1), E_8(1,1,1)$ 分别代入上述矩阵中, 可得各均衡点的特征值如下表 2。

根据李雅普诺夫第一法则, 若雅克比矩阵的全部特征值实部均为负, 则对应的均衡点为演化稳定点; 若雅克比矩阵中至少存在一个特征值实部为正, 则该均衡点不稳定; 若雅克比矩阵中仅存在部分特征值

实部为零，其余特征值实部均为负，则均衡点处于临界状态，其稳定性无法仅通过特征值符号进行判定。

Table 2. Equilibrium point characteristic value
表 2. 均衡点特征值

均衡点	Jacobian 矩阵特征值 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$)
$E_1(0,0,0)$	$C_{D2} - C_{D1} + C_{D3} + B_T, C_{E1} - B_T, F_D + N_G - F_E - C_G$
$E_2(1,0,0)$	$C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - B_T, C_{E1}, F_E - C_G - M_D$
$E_3(0,1,0)$	$C_{D2} - C_{D1} + C_{D3} + R_D, B_T - C_{E1}, F_D - M_E - C_G$
$E_4(0,0,1)$	$C_{D2} - C_{D1} + C_{D3} + B_T + F_D + M_D, M_E + F_E + C_{E1} - B_T, C_G - F_D - F_E - N_G$
$E_5(1,1,0)$	$C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - R_D, -C_{E1}, -C_G - M_D - M_E$
$E_6(1,0,1)$	$C_{D1} - C_{D2} + C_{D3} + R_D + F_D + M_D, M_E + F_E + C_{E1}, C_G + M_D - F_E$
$E_7(0,1,1)$	$C_{D2} - C_{D1} + C_{D3} + R_D + F_D + M_D, B_T - M_E - F_E - C_{E1}, C_G + M_E - F_D$
$E_8(1,1,1)$	$C_{D1} - C_{D2} + C_{D3} + R_D + F_D + M_D, B_T - M_E - F_E - C_{E1}, C_G + M_E - F_D$

不失一般性，本文假设 $C_{D1} > C_{D2}$ ， $B_T < (C_{D1} - C_{D2})$ ， $N_G > C_G$ 。上述不等式的含义为：化妆品生产商合规生产的成本高于违规生产的成本；化妆品生产商违规生产相比合规生产的额外成本，高于其向第三方检测机构支付的寻租成本；政府因宽松监管导致违规化妆品流入市场所产生的社会损失与上级追责处罚，高于政府严格监管所投入的技术、人力等执行成本。基于以上前提假设，各均衡点的稳定性判定结果及演化稳定策略的成立条件如下表 3 所示：

Table 3. Discriminant analysis of the equilibrium point stability of the evolutionary game model
表 3. 演化博弈模型均衡点稳定性判别分析

均衡点	实部符号	稳定性结论	条件
$E_1(0,0,0)$	(-, -, +)	不稳定点	\
$E_2(1,0,0)$	(+, +, ×)	不稳定点	\
$E_3(0,1,0)$	(+, +, ×)	不稳定点	\
$E_4(0,0,1)$	(-, -, -)	ESS	①
$E_5(1,1,0)$	(-, -, -)	ESS	②
$E_6(1,0,1)$	(×, +, ×)	不稳定点	\
$E_7(0,1,1)$	(+, ×, ×)	不稳定点	\
$E_8(1,1,1)$	(-, -, +)	不稳定点	\

注：×表示符号不确定。① $C_{D2} - C_{D1} + C_{D3} + B_T + F_D + M_D < 0, M_E + F_E + C_{E1} - B_T < 0, C_G - F_D - F_E - N_G < 0$ ；
② $C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - R_D < 0, -C_{E1} < 0, -C_G - M_D - M_E < 0$ 。

由表 3 可知，当 $C_{D2} - C_{D1} + C_{D3} + B_T + F_D + M_D < 0, M_E + F_E + C_{E1} - B_T < 0, C_G - F_D - F_E - N_G < 0$ 时，演化稳定策略为(违规生产，意图寻租，严格监管)。这表明，对化妆品生产商来说，开展合规生产所付出的成本，要远高于违规生产的成本节约、政府合规奖励、规避违规罚款以及寻租与投机所需付出的成本之和，其合规生产的净收益为负。即便选择违规生产需要支付寻租成本、投机成本，还可能面临监管处罚，却能大幅降低生产端的合规成本，获得更高的收益，因此最终趋向于选择违规生产。对第三方检测机构而言，从化妆品生产商处获得的寻租收益，要高于寻租造假所需付出的投机成本、合谋被查处将面

临的政府罚款、以及坚守合规检测可获得的政府奖励之和。在寻租的利益驱动下，即便政府采取严格监管策略，第三方检测机构仍倾向于选择意图寻租。对政府监管部门而言，严格监管虽需付出一定的执行成本，但通过对违规生产商和合谋的第三方检测机构处以罚款，同时避免了因监管缺失导致的上上级部门追责处罚，最终严格监管的净收益为正。为保障公众用妆安全、维护化妆品行业良性发展秩序，政府监管部门会持续选择严格监管策略。

当 $C_{D1} - C_{D2} - C_{D3} - R_D < 0, -C_{E1} < 0, -C_G - M_D - M_E < 0$ 时，演化稳定策略为(合规生产，拒绝寻租，宽松监管)。这表明，对化妆品生产商而言，合规生产的净收益远高于违规生产的综合收益，合规既能稳定获得产品上市的全部市场收益，还可规避违规带来的各类成本与收益损失，因此最终趋向合规生产。对第三方检测机构来说，寻租造假需付出正向投机成本，无法带来额外正向收益，而拒绝寻租、坚守合规检测，既能稳定获得基础检测收益，也无需承担造假的成本、处罚风险与声誉损失，因此最终趋向拒绝寻租。对政府监管部门而言，在生产商与检测机构均自发合规的前提下，严格监管的净收益为负，采取宽松监管既不会出现违规化妆品流入市场的问题，无需承担公众健康损害的社会治理成本与上级追责，还能节约行政资源、降低监管成本，因此最终趋向宽松监管。这一均衡是化妆品监管的理想稳态，核心是市场主体的合规行为具备内生驱动力，无需依赖政府强监管约束，既实现了生产合规，也压缩了公共治理成本，为行业长效安全治理提供了市场化实现路径。

5. 仿真分析

综上可知，系统共存在两组演化稳定策略。其中， $E_5(1,1,0)$ 为模型中相对更优的均衡策略。为检验上述稳定性分析的合理性，并更直观地展示博弈演化结果，本文采用数值仿真进行验证。通过分析演化稳定策略的稳定性条件，具体仿真参数设定如下： $R_D = 150, C_{D1} = 120, C_{D2} = 40, C_{D3} = 10, B_T = 50, F_D = 25, M_D = 15, C_E = 10, F_E = 18, M_E = 12, C_G = 15, N_G = 40$ 。

在设定初始条件下，图 1 展示了三方复制者动态模型经过 100 次迭代后的演化轨迹。系统由初始状态逐步收敛至均衡点 $E_5(1,1,0)$ ，表明该点为三维演化博弈系统的演化稳定策略。博弈主体的策略选择不受初始偏好变化的影响。

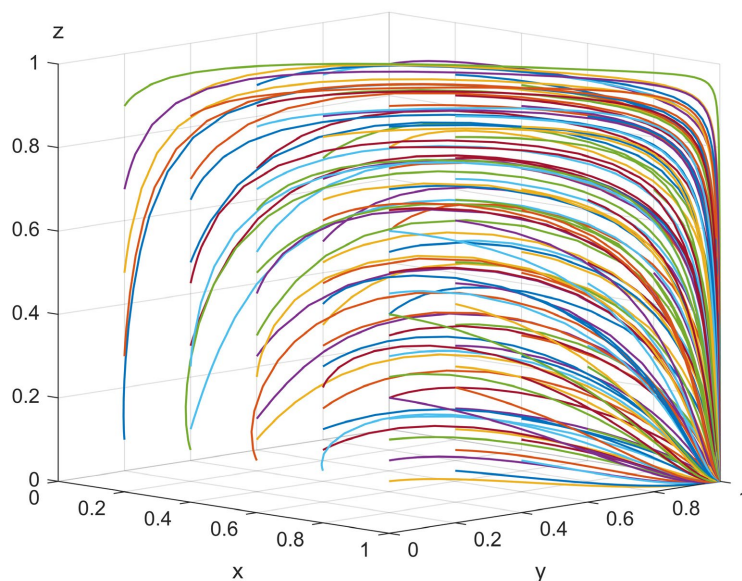


Figure 1. The influence of initial preferences on evolutionary outcomes
图 1. 初始偏好对演化结果的影响

为进一步探究初始状态比例对演化速度和演化路径的影响，本文进一步探讨了各主体初始偏好为 0.2、0.5、0.8 下演化速度和演化路径的情况。如图 2 所示，初始策略偏好的差异，对系统的演化路径与收敛速度存在显著影响，直接决定了市场达到理想稳态的效率。从收敛速度来看，高初始偏好组的收敛速度最快，而低初始意愿组的收敛周期最长。这一结果表明，各主体的初始偏好越高，系统向理想稳态收敛的速度越快，所需的监管周期越短、监管资源投入越少。

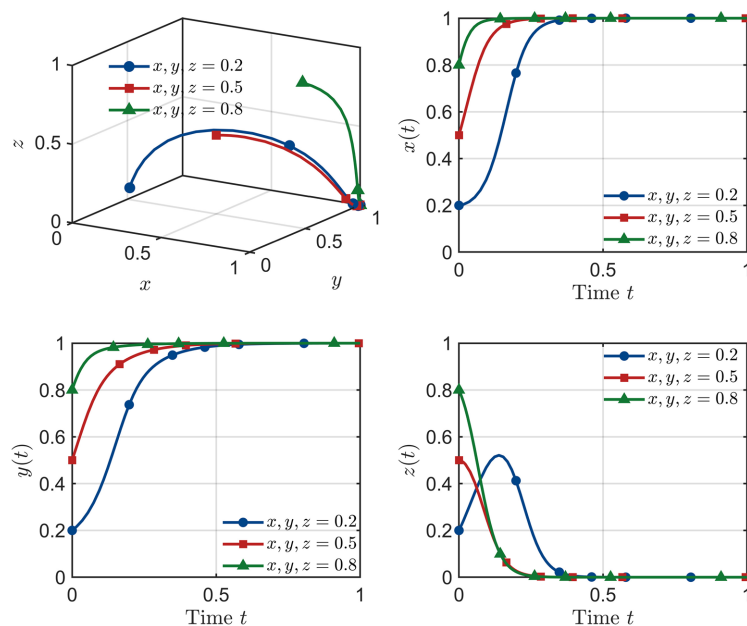


Figure 2. The impact of initial preferences on evolutionary speed and path
图 2. 初始偏好对演化速度和演化路径的影响

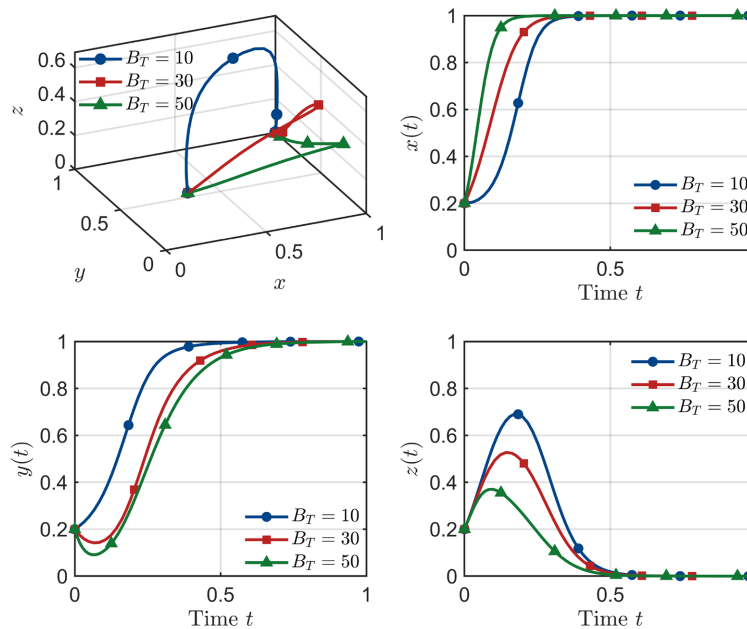


Figure 3. The impact of rent-seeking cost B_r on evolutionary outcomes
图 3. 寻租成本 B_r 对演化结果的影响

由于初始状态的变化不会影响博弈主体的战略选择，三方初始偏好统一设定为 0.2，接下来对关键变量对演化策略的影响展开讨论。

从图 3 可以看出，化妆品生产商与第三方检测机构的寻租成本 B_T 提升，可显著加快化妆品生产商合规生产概率 x 、第三方检测机构拒绝寻租概率 y 向稳态 1 收敛，同时推动政府严格监管概率 z 向稳态 0 加速收敛。 B_T 提升直接抬高了合谋交易成本，压缩了寻租净收益空间，既倒逼化妆品生产商放弃短期违规寻租、转向合规生产，也降低了第三方检测机构参与寻租的预期收益，推动其坚守独立检测职责。对此，政策层面应提高合谋寻租的制度性成本，建立双方合谋行为的联合惩戒与信用黑名单制度，畅通违规行为的监督渠道，同时强化第三方检测机构的行业独立性与权责约束。

由图 4 可见，奖励设置过低会延缓政府监管收敛速度、加重监管负担；中等水平的奖励能让市场主体合规收敛效率达到最优，同时有效缓解政府监管压力；奖励设置过高则会出现激励边际效应递减，反而拖慢市场主体的合规收敛进程。这一结果印证了化妆品安全治理中正向激励对行政监管的替代效应与激励边际递减规律，适度的合规奖励可通过收益补偿内化合规行为的正外部性，弥补市场主体的额外合规成本，推动其自发向合规演化，替代政府刚性监管投入、降低监管成本，奖励不足以覆盖合规成本时，市场主体的合规行为只能依赖政府高强度监管，最终造成监管资源低效消耗，奖励过高则不仅会增加政府财政的边际支出压力，还会弱化市场主体合规的内生动力，引发激励扭曲，阻碍长效合规稳态的形成。对此，在化妆品安全治理的政策设计中，政府应设置与市场主体合规成本相匹配的适度正向奖励区间，避开激励不足和过度激励的双重误区，发挥合规奖励对行政监管的市场化替代作用，推动形成市场主体自发合规的长效治理机制。

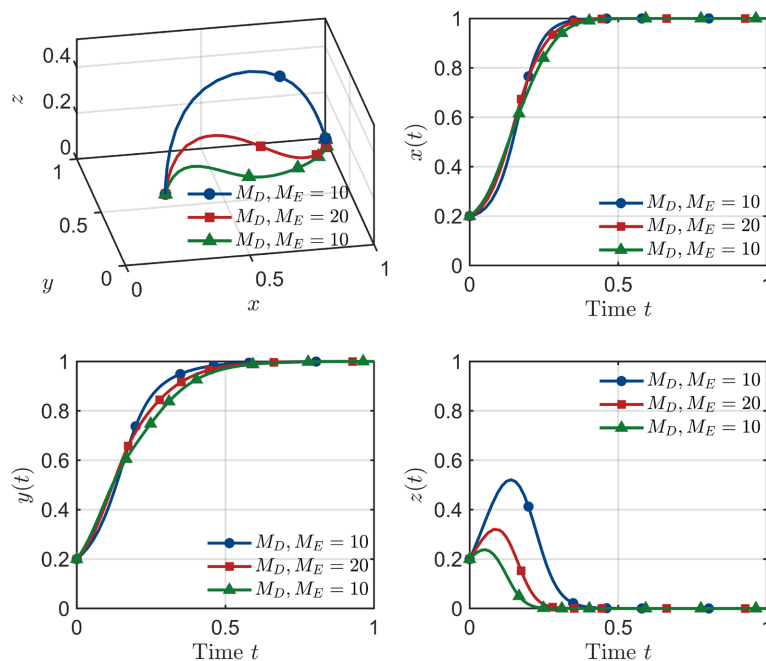


Figure 4. The impact of government rewards on the evolutionary outcomes of M_D and M_E

图 4. 政府奖励 M_D ， M_E 对演化结果的影响

6. 结论和建议

本文结合我国化妆品安全治理的实际情况，建立了化妆品生产商、第三方检测机构与政府监管部门

的三方演化博弈模型，分析了博弈三方在不同情况下的决策行为演化过程，系统共存在两组演化稳定策略。其中(违规生产，意图寻租，严格监管)的策略组合，仅能依靠政府高强度监管约束市场主体，长期将消耗大量行政资源，难以实现行业长效治理；(合规生产，拒绝寻租，宽松监管)的策略组合，实现了市场主体自发合规经营，是理想的演化趋势。

根据以上分析结果，从政府和市场主体两个方面出发，提出以下几点建议：

(1) 优化合规奖惩机制，强化市场主体合规内生动力

奖惩机制是引导市场主体合规经营的重要抓手。政府应设置与合规成本匹配的正向激励，对合规生产的化妆品企业、规范开展检测的第三方机构，给予资金补贴、信用加分、评优优先等支持，弥补合规产生的额外成本，规避激励不足或过度激励的问题。同时加大对违规生产、寻租合谋行为的惩处力度，对违规主体处以高额罚款，落实行业禁入、信用黑名单等联合惩戒措施，放大违规成本，倒逼市场主体选择合规经营，同步提升监管部门的监管积极性。

(2) 降低监管执行成本，提升监管效率与精准度

监管成本直接影响监管部门的策略选择，降成本能有效推动严格监管落地。首先，上级主管部门应通过技术支持、专业人才培养、监管数字化建设等方式，帮助基层监管部门减少前期投入，缩小严格监管与宽松监管的成本差距，引导基层优先选择严格监管。其次，搭建化妆品生产检测全链条数字化监管平台，打通企业、检测机构、监管部门的数据壁垒，实现违规行为智能识别与精准预警，降低监管中的信息不对称，以技术手段提效率、降成本。

(3) 完善多元协同监管机制，构建行业长效治理体系

单靠政府监管难以覆盖化妆品产业全链条的风险点，需构建政府、行业、社会多元协同的治理体系。一方面，强化化妆品行业协会的自律作用，制定行业合规生产与检测的标准指引，引导市场主体自觉规范经营，推动行业形成合规经营的良性氛围。另一方面，畅通公众举报、消费者维权渠道，建立违规行为举报奖励机制，同时发挥媒体舆论监督作用，曝光违法违规行，形成全社会共治的氛围，推动化妆品产业形成自发合规的长效治理机制。

参考文献

- [1] Nasa, P. (2014) Safety Margin of Cosmetics: A Review. *World Journal of Pharmaceutical Research*, **3**, 264-275.
- [2] 吴佩慧, 李佳兴, 于春媛. 化妆品原料安全监管模式探讨[J]. 首都医药, 2012(10): 7-8.
- [3] 吴婷婷, 单敏. 化妆品安全监管体制探究[J]. 中国药事, 2017, 31(8): 894-898.
- [4] 曹熾, 陈坚生, 刘佐仁, 等. 国际化妆品监管模式对比分析与启示[J]. 日用化学工业, 2022, 52(2): 190-198.
- [5] 方萍, 胡晨希, 何思瑜, 等. 基于博弈均衡视角的《化妆品生产质量管理规范(2022年)》实施的机遇与挑战[J]. 日用化学品科学, 2023, 46(3): 5-8+52.
- [6] Kashuri, M., Ikrar, T. and Indrayanto, G. (2026) Challenges and Strategies in Global Cosmetics Supervision. *Indonesian Journal of Pharmacy*, **37**, 53-72. <https://doi.org/10.22146/ijp.20656>
- [7] Rocca, R., Acerbi, F., Fumagalli, L. and Taisch, M. (2022) Sustainability Paradigm in the Cosmetics Industry: State of the Art. *Cleaner Waste Systems*, **3**, Article 100057. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100057>
- [8] Kaushik, M., Farooq, U., Ali, M.S., Ansari, M.J., Iqbal, Z. and Mirza, M.A. (2023) Safety Concern and Regulatory Status of Chemicals Used in Cosmetics and Personal Care Products. *Dermato*, **3**, 131-157. <https://doi.org/10.3390/dermato3020011>