华南农业大学学报(社会科学版)
2020年第5期 JOURNAL OF SOUTH CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY
(第19卷) (SOCIAL SCIENCE EDITION)

# 食品安全共同监管的多主体博弈

赵德余,唐 博

(复旦大学 社会发展与公共政策学院,上海 200433)

**摘 要:** 通过对食品安全监管过程中政府监管部门、食品行业生产企业和社会组织等主要行动主体进行博弈分析,发现:政府与生产企业的"监管—被监管"关系一直处于变动状态,主要表现为政府增强监管力度,促使生产企业规范生产,保障食品安全监管效果;而高昂的监管成本让政府不得不降低监管概率,从而为生产企业机会主义行为选择提供了空间,导致食品安全事件频发,政府继续增强监管力度。此时,政府选择与社会组织进行合作监管的概率决定了社会组织选择合作的演化稳定结果,影响了食品安全共同监管体系的建立;政府与社会组织在监管过程中的沟通协调成本以及对生产企业的监管力度,需要在多元主体参与的协同共治中不断探索和明确。

**关键词:** 食品安全;社会共治;供应链;多主体博弈;政府公信力

**中图分类号:** F713.56 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-0202(2020)05-0080-13

## 一、问题的提出

随着现代社会风险的不断滋生和全球化的浪潮,如何有效地协调食品安全风险与监管之间的关系成为了政策理论研究重点关注的课题。从全球食品安全监管实践来看,食品安全监管过程中出现了"市场失灵"和"政府失灵"的问题。食品安全风险存在于从生产、流通再到零售经营整个供应链环节,每个环节的风险都能诱发食品安全事件[1]。供应链上的主体之间存在着严重的信息不对称,主要是上下游生产经营者之间信息不对称[2],增加了下游企业的交易成本,容易导致市场交易中的道德风险和逆向选择[3]。王常伟[4]基于生产经营主体激励视角,提出食品安全的根本原因是生产经营主体间的信息不对称,安全程度高的食品难以在市场中得到应有的识别,从而较难通过市场作用发挥应有的激励。

监管过程中的"政府失灵"在很大程度上也增加了食品安全的风险。受到行政预算和资源的约束,政府监管部门难以承担巨额的监管成本[5]。同时,食品安全分段监管体制下的责任边界不清、主体责任不明[6],也使得政府部门之间相互推诿、监管者寻租[7]、政企合谋等情况经常出现[8],增加了食品安全的风险。因此,单一主体的监管行为存在着被规制俘获的可能性,难以有效控制食品安全风险[9]。食品安全风险在供应链过程和分段监管过程中不断叠加,导致食品安全监管过程存在着较高风险,风险防控愈显艰巨[10]。因此,近年来,食品安全监管的重点工作逐渐转移到对食品风险的管理上。基于风险管理的监管,政府部门将食品安全主体责任前移至食品企业经营者,以监管其主动管理生产经营过程中存在的风险,规范地进行生产经营活动,从而降低生产经营过程中可能存在的风险,减轻监管部门的监管成本,提高监管效果。

**收稿日期:** 2020-06-02 **DOI:** 10.7671/j.issn.1672-0202.2020.05.008

**基金项目:** 教育部人文社会科学基金后期资助项目(13JHQ008)

**作者简介:** 赵德余(1974—),男,安徽巢湖人,复旦大学社会发展与公共政策学院教授,主要研究方向为公共政策理论及其在农业与医疗领域的运用。E-mail:deyuzhao@163.com

同时，研究者不再只关注食品安全监管中的政府作用与功能。进一步地，随着欧盟《食品安全白皮书》及相关监管机构的成立，“共同监管”为食品安全监管提供了新的思路[11]。所谓“共同监管”，即是作为公共部门的政府与企业、行业协会等社会组织共同参与到对食品安全生产与经营过程的监管[12]。与传统的政府监管模式相比，共同监管实现了政府部门与社会组织之间的互补，从理论上弥补了“市场失灵”和“政府失灵”带来的监管困境和食品安全风险[13]。

在共同监管模式中，社会组织根据政府部门在政策中确定的原则或标准来对某个食品安全问题（比如菌落水平、添加剂阈值等）进行监管。企业、行业组织等社会组织针对政府部门和公众对食品安全的需求做出回应，并因此制定了一系列技术成熟、组织复杂的方法来提高产品安全和质量标准。由行业协会和生产经营企业主动驱动的食品安全自我保障方案逐渐受到各国青睐[14]。同时，在政府预算约束日益增强的情况下，为了降低食品安全监管的行政成本，实现更好的监管效果，一些国家采取了基于风险的监管，将监管更多地聚焦于高风险企业。从而形成了食品安全监管过程中政府监管部门与社会组织共存的网络格局，以取得良好的食品安全监管效果[15]。

2013 年 6 月 17 日，全国食品安全宣传周以“社会共治，同心携手维护食品安全”为主题。自此之后，社会共治成为了我国食品安全治理的方向。十九大报告提出要“打造共建共治共享的社会治理格局”。社会共治成为了推进国家治理体系和治理能力现代化的重要内容。2019 年 5 月，中共中央、国务院发布《关于深化改革加强食品安全工作的意见》指出，保障食品安全，需要“生产经营者自觉履行主体责任，政府部门依法加强监管，公众积极参与社会监督”，从而形成各方“各尽其责、齐抓共管、合力共治”的治理格局。

在推进国家治理体系和治理能力现代化的新时代背景下，食品安全的监管需要将利益相关行动者纳入到整个保障过程中，充分调动行动者的积极性，实现食品安全良好治理效果，形成社会共治的治理局面。共同监管是社会共治的必然选择，而社会共治是共同监管的核心目标。因此，在新时代实现食品安全良好治理效果，必须循着社会共治的基本路径，构建涵盖多元主体的共同监管模式。博弈方法为深入分析食品安全监管多主体行为选择提供了有用的分析工具，也是食品安全研究的重要研究方法。基于此，本文将利用博弈论方法，分析多元主体之间的博弈关系和策略行为选择，为构建社会多元主体参与食品安全的共同监管模式提供参照和依据。

## 二、食品安全共同监管的多主体博弈分析

食品安全监管过程包含了多个主体，涉及了政府监管部门、不同环节链上的企业、行业协会、第三方（检测/评估）机构、消费者、媒体等。为便于研究的论述，本文将食品安全共同监管涉及的主要行动主体归纳分为普遍认同的分类：政府监管部门、食品行业生产企业和社会组织①三个主体。基于三个主体构建动态博弈模型，深入分析如何通过多主体的共同监管，从而迈向食品安全的良好社会共治。在食品安全监管过程中，不同行动主体的策略行动选择产生了食品安全监管治理效果。在博弈中，政府监管部门决定是否对食品生产经营企业进行监管；食品生产经营企业决定是否按照规范生产和经营质量安全的食品；社会组织决定是否与政府监管部门进行合作。

### （一）政府监管生产经营企业的博弈模型

1. 基本假定

在食品安全监管行为选择上，政府监管部门和生产经营企业的行为选择是对立的。政府严格监管，规范企业生产过程。而企业则有绕开政府监管的机会主义行为倾向。因此政府监管部门的

① 社会组织包括了行业协会、消费者（个体及相关组织）、第三方检测/评估机构、媒体等。

策略选择组合是(监管,不监管),生产经营企业的策略选择组合是(规范生产,不规范生产)。

在博弈成本与收益上,假设生产经营企业的预期收益为 $B$。生产经营企业规范生产时,其生产成本为 $C_1$;不规范生产时,其生产成本为 $C_2$(其中 $C_2 < C_1$),且不规范生产时所获的额外收益为 $S$。政府监管部门的监管成本为 $C_3$。经过监管,政府监管部门发现企业不规范生产后,对企业的惩罚力度为 $p$,企业受到的惩罚损失为 $pS$。同时,由于惩罚公布后,带来的企业市场损失为 $M$,此时政府监管部门额外收益则为 $pS$。此外,政府监管部门在没有对生产经营企业进行监管时,如果生产经营企业规范生产,那么就不会发生食品安全事件;如果生产经营企业不规范生产,那就会导致食品安全事件的发生,从而对政府带来公信力损失 $G$。由此建立政府监管食品安全的博弈模型(见表1)。

表1显示出,本博弈模型存在两个可能的纳什均衡解。其前提是 $B - C_1 < B - C_2 - pS - M$,即 $pS + M < C_1 - C_2$,意味着此时政府监管部门对生产经营企业不规范生产的惩罚及企业因为不规范生产带来的市场损失之和低于企业选择不规范生产而节省的成本。此时,如果 $PS - C_3 \geqslant -G$,即 $PS \geqslant C_3 - G$,其纳什均衡解为(监管,不规范生产)。如果 $PS < C_3 - G$,其纳什均衡解为(不监管,不规范生产)。因此,在政府监管部门对生产经营企业不规范生产存在惩罚力度不足以及由此带来的市场损失不够,最终使得政府监管部门无论是选择监管,还是不监管,生产经营企业的最优解均是选择不规范生产。

**表1 政府监管部门与生产经营企业博弈支付矩阵**

| | | 生产经营企业 | |
|---|---|---|---|
| | | 规范生产 | 不规范生产 |
| 政府监管部门 | 监管 | $-C_3, B - C_1$ | $pS - C_3, B - C_2 - pS - M$ |
| | 不监管 | $0, B - C_1$ | $-G, B - C_2$ |

而在其他任何的情况下,政府监管部门与生产经营企业博弈不存在纯策略,因此需要考虑混合策略纳什均衡。本文假设,政府监管部门监管和不监管的概率分别为 $\alpha$ 和 $1-\alpha(0 \leqslant \alpha \leqslant 1)$,企业规范生产和不规范生产的概率分别为 $\beta$ 和 $1-\beta(0 \leqslant \beta \leqslant 1)$。$R_1$ 和 $R_2$ 分别代表了政府监管部门和生产经营企业在此博弈过程中的期望收益。根据混合策略纳什均衡计算,可得两个主体的效用函数:

$$R_1 = \alpha[\beta(-C_3) + (1-\beta)(pS - C_3)] + (1-\alpha)[(1-\beta)(-G)] \quad (1)$$

$$R_2 = \beta[\alpha(B - C_1) + (1-\alpha)(B - C_1)] + (1-\beta)[\alpha(B - C_2 - pS - M) + (1-\alpha)(B - C_2)] \quad (2)$$

对公式(1)(2)求微分,有最优一阶条件,可得:

$$\beta = 1 - (C_3/pS + G)$$

$$\alpha = (C_1 - C_2)/pS + M$$

因此,政府监管部门与食品生产经营企业博弈的混合策略纳什均衡解即为$((C_1 - C_2)/pS + M, 1 - (C_3/pS + G))$。其结果是:

首先,如果政府监管部门监管的概率 $\alpha < (C_1 - C_2)/pS$,那么生产经营企业的最优策略是选择不规范生产。反之,如果 $\alpha > (C_1 - C_2)/pS$,生产经营企业的最优策略就是进行规范生产。如果 $\alpha = (C_1 - C_2)/pS$,此时生产经营企业无论是选择规范生产还是不规范生产,其收益均无差异。

其次,如果企业规范生产的概率 $\beta < (C_1 - C_2)/pS + M$,那么政府监管部门的最优策略是选择监管;相反,如果 $\beta > (C_1 - C_2)/pS + M$,那么不监管则是政府监管部门的最优策略。如果 $\beta = (C_1$

$-C_2)/pS+M$，此时政府监管部门无论是选择监管还是不监管，其收益均无差异。

再次，对混合策略纳什均衡解分析，从政府监管部门选择来看，其是否选择监管，受生产经营企业选择机会主义而节省的成本（$C_1-C_2$）、政府监管部门对不规范生产企业的处罚 $pS$，和惩罚公布后企业市场损失的 $M$ 等三个因素的影响。当企业选择机会主义而减少的成本（$C_1-C_2$）越高，企业越有不规范生产的利益激励，那么政府监管的概率也将越高。同时，政府监管部门对不规范生产企业的处罚 $pS$ 越高，那么生产经营企业不规范生产面临的处罚将会对其不规范生产行为进行约束，此时政府监管部门可以减少其监管与检查的概率。当惩罚公布后，其面临的市场损失 $M$ 越高，企业越更倾向于选择规范生产。

最后，从生产经营企业来看，企业是否规范生产受到政府监管部门监管成本 $C_3$、对不规范生产企业的处罚 $pS$ 和食品安全事件对政府带来的公信力损失 $G$ 等因素的影响。当政府监管部门的监管成本 $C_3$ 越高，政府监管部门的监管将会出现监管不到位和监管流于形式的问题，从而难以对生产经营企业形成有效监管约束，企业将有选择不规范生产的激励。政府监管部门对不规范生产企业的处罚 $pS$ 越高，那么生产经营企业不规范生产面临的处罚将会对其不规范生产行为进行约束。食品安全事件对政府带来公信力损失 $G$ 越高，政府监管部门将加大监管力度，并增加惩处力度，此时企业就会越发倾向于规范生产。

2. 分析与总结

本小节对政府监管部门与食品生产经营企业之间的博弈关系进行分析，发现该博弈中存在混合策略纳什均衡，即（$(C_1-C_2)/pS+M, 1-C_3/(pS+G)$）。为了实现食品安全的良好治理，政府应当加强监管，同时生产经营企业选择规范生产。因此，可以从以下几方面入手：

首先，降低企业选择机会主义而减少的成本（$C_1-C_2$）。其路径是通过降低 $C_1$ 并增加 $C_2$ 来实现。可以通过各项政策措施引导企业建立规范生产过程，降低规范生产投入成本，比如降低规范生产企业的税率、加大政策补贴力度等措施。同时，可以考虑增加不实施相关规范生产要求企业的成本[①]，诸如不予以优惠等，不断缩小规范生产与不规范生产之间的成本差异。

其次，降低政府监管部门的监管成本 $C_3$。理顺监管职能，提高监管效能是降低监管成本的重要方法。当前分段监管使得各供应链环节相关职能部门监管工作重复，同时又各自为政，难以形成有效追溯链条，增加了监管成本。因此，要进一步梳理清楚各个部门的监管职能，实现各个环节的无缝对接。同时，形成借助“互联网 + 监管”等模式，更加精准地实现过程监管。

再次，加大对不规范生产企业的处罚力度 $pS$。通过增加对不规范生产经营企业的处罚力度，增加其被惩罚成本，从而形成强有力的惩罚约束。处罚方式可以是直接罚款、关停改造、通报批评、取消政策补贴等多元政策工具内容，从而抑制企业机会主义行为倾向。

第四，增加不规范生产企业的市场损失 $M$。政府监管部门可以通过标签识别、正反典型、新媒体公示等多渠道向市场公布不规范生产企业的名称及其不规范生产产品信息，以减少企业的市场销售额度，从而增加不规范生产企业的市场损失压力，使企业面临着一旦政府监管部门检查出不规范的违法生产行为，将面临着巨大的经营风险，形成规范生产的约束。

最后，提升政府监管部门的公信力 $G$。通过进行食品安全的社会共治，在食品安全监管过程中

① 不过值得注意的是，在增加不规范生产企业的成本时，政府部门需要谨慎对待。比如当前比较流行的 HACCP 安全生产模式，根据相关研究，大型企业有资金和动力进行投资建设，但是对于数量广泛的中小型企业，这无疑大大增加了其投资成本，引入动力不足。

引入多元主体的加入，逐渐实现食品安全监管过程的公开化、透明化和多元化，建立食品安全的共同监管模式。

**（二）政府监管部门与社会组织之间的博弈模型**

社会组织参与到食品安全监管过程中，是实现社会共治的重要内容，也是食品安全共同监管模式的重要组成部分。在食品安全监管中引入社会组织的参与，有助于改变政府单中心治理带来的权责不清等监管问题，提升监管效能，建设共建共治共享的社会治理格局。由于在我国食品安全监管过程中经历了从单一政府监管、社会组织参与监管到多元主体社会共治的发展阶段，本小节将基于演化博弈论方法，分析影响社会组织参与到食品安全监管中的因素，更好地提升食品安全监管效果，实现食品安全共同监管和社会共治。

1. 基本假定

在食品安全监管行为选择上，政府监管部门和社会组织是博弈的参与主体。在监管过程中，政府监管部门占据着主导地位，实施着对整个环节的监管，而社会组织主要面向部分领域、部分过程和部分行业的监管。在监管实践中，双方就是否选择相互合作产生了博弈。因此，在监管过程中，政府监管部门的策略选择组合是（合作，不合作），社会组织的策略选择组合是（合作，不合作）。

在博弈成本与收益上，假设政府监管部门进行监管后，其收益为 $Y_1$。社会组织参与监管后，其收益为 $Y_2$。两个监管主体在相互分工与合作过程中，会产生一定的合作协调成本，双方均需要承担，记为 $N_1$。对于政府监管部门而言，与社会组织合作之后，能带来食品安全监管效果的提升，其提升效果程度设为 $\delta$，政府监管部门在合作中的收益为 $\delta A$。如果政府监管部门与社会组织两者合作，之后一旦发生食品安全事件，由于被追责为监管不力，政府监管部门受上级政府部门的惩罚为 $G_1$。同时，社会组织也将会被认为是无法承担食品安全监管工作，政府监管部门将不再与其合作，甚至限制其原本的监管职能，产生惩罚损失效果为 $G_2$。需要说明的是，在计算博弈主体成本与收益的过程中，关于食品安全事件发生后对政府监管部门带来的损失，本博弈模型主要将其放置在政府监管部门选择合作时，对政府监管部门带来的损失。由此建立政府监管食品安全的博弈模型：

**表2 政府监管部门与社会组织博弈支付矩阵**

| | | 社会组织 | |
|---|---|---|---|
| | | 合作 | 不合作 |
| 政府监管部门 | 合作 | $Y_1-N_1-G_1+\delta A, Y_2-N_1-G_2+\delta A$ | $Y_1-N_1, Y_2$ |
| | 不合作 | $Y_1, Y_2-N_1$ | $Y_1, Y_2$ |

本文假设，政府监管部门合作和不合作的概率分别为 $\mu$ 和 $1-\mu(0\leqslant\mu\leqslant1)$，社会组织选择合作和不合作的概率分别为 $\nu$ 和 $1-\nu(0\leqslant\nu\leqslant1)$。同时假定政府监管部门选择合作和不合作的期望收益分别为 $U_1$ 和 $U_2$，其混合策略的收益设为 $U(-)$，分别为：

$$U_1=\nu(Y_1-N_1-G_1+\delta A)+(1-\nu)(Y_1-N_1)$$

$$U_2=\nu Y_1+(1-\nu)Y_1$$

$$\overline{U}=\mu U_1+(1-\mu)U_2$$

根据 Malthusian 动态方程，计算政府监管部门的复制者动态方程：

$$d\mu/dt=\mu(U_1-\overline{U})=\mu(1-\mu)(\nu\delta A-\nu G_1-N_1)$$

同理，构造社会组织的复制者动态方程，有：

$$d\nu/dt = \nu(1-\nu)(\mu\delta A - \mu G_2 - N_1)$$

由此,本文得到了复制动态稳定点:(0,0)、(1,0)、(0,1)、(1,1)和$(\mu^*,\nu^*)$,从而形成了食品安全监管的演化均衡点。其中$\mu^* = N_1/\mu\delta A - G_2$,$\nu^* = N_1/\mu\delta A - G_1$。然而根据复制动态方程求出的局部平衡点并不完全都是演化稳定策略。因此,分别对政府监管部门与社会组织的复制动态得到关于$\mu$和$\nu$的偏导数,其渐进稳定的雅克比矩阵结果为:

$$J = \begin{pmatrix} (1-2\mu)(v\delta A - vG_1 - N_1) & (\mu^2-\mu)(G_1-\delta A) \\ (v^2-v)(G_2-\delta A) & (1-2v)(\mu\delta A - \mu G_2 - N_1) \end{pmatrix}$$

对于离散数据,当且仅当$Det(J)>0$,$Tr(J)<0$均被满足时,该局部均衡点将成为食品安全共同监管的演化稳定策略(Evolutionarily Stable Strategy,即 ESS)。

$$Det(J) = (1-2\mu)(\nu\delta A - \nu G_1 - N_1)(1-2\nu)(\mu\delta A - \mu G_2 - N_1) - (\mu^2-\mu)(G_1-\delta A)(\nu^2-\nu)(G_2-\delta A) > 0$$

$$Tr(J) = (1-2\mu)(\nu\delta A - \nu G_1 - N_1) + (1-2\nu)(\mu\delta A - \mu G_2 - N_1) < 0$$

由此,能计算出食品安全共同监管中的局部均衡点关于$Det(J)$和$Tr\ (J)$的值(见表 3)。在将$(\mu^*,\nu^*)$带入$Tr\ (J)|_{(\mu^*,\nu^*)}$时,由于$(1-2\mu^*)(\nu^*\delta A - \nu^* G_1 - N_1) = 0$,且$(1-2\mu^*)(\nu^*\delta A - \nu^* G_1 - N_1) = 0$,不满足$Det(J)>0$,$Tr(J)<0$的要求,因此该局部均衡点不是演化稳定策略。同时,(0,1)也不是演化稳定策略的局部均衡点。将其结果进行整理,如表 3 所示。

**表 3　政府监管部门与社会组织共同监管局部均衡点 $Det(J)$ 和 $Tr\ (J)$ 值**

| 均衡点 | Det(J)值 | Tr (J)值 |
|---|---|---|
| (0,0) | $N_1^2$ | $-2N_1^2$ |
| (0,1) | $(\delta A - G_2 - N_1)N_1$ | 0 |
| (1,0) | $(\delta A - G_2 - N_1)N_1$ | $\delta A - G_2$ |
| (1,1) | $(\delta A - N_1 - G_1)(\delta A - N_1 - G_2)$ | $(G_1+G_2)-2(\delta A - N_1)$ |
| $(\mu^*,\nu^*)$ | $Det\ (J)\|_{(\mu^*,\nu^*)}$ | 0 |

通过计算,均衡点(0,0)、(1,0)和(1,1)有可能符合演化稳定策略局部均衡点的要求。根据三个局部均衡点相关的影响因子$\delta A$、$G_1$、$G_2$、$N_1$的赋值情况,分类深入讨论三个局部均衡点最终成为演化稳定策略的可能情况。

首先,(0,0)该点$Det(J)$值($N_1^2$)明显大于0,其$Tr\ (J)$值($-2N_1^2$)也明显地小于0,因此,(0,0)是演化稳定策略。

其次,$(\delta A - G_2 - N_1)N_1 > 0$,且$\delta A - G_2 < 0$。此时需要满足:$\delta A > G_2 + N_1$,且$\delta A < G_2$,显然两个不等式之间相互矛盾,该点不是演化稳定策略。

最后,$(\delta A - N_1 - G_1) > 0$,$(\delta A - N_1 - G_2) > 0$,且$(G_1+G_2) - 2(\delta A - N_1) < 0$。此时可得到$\delta A > N_1 + G_2$,且$\delta A > N_1 + (G_1+G_2)/2$,式子成立。

或者当$(\delta A - N_1 - G_1) < 0$,$(\delta A - N_1 - G_2) < 0$,且$(G_1+G_2) - 2(\delta A - N_1) < 0$,可得到,$\delta A < N_1 + G_1$,$\delta A < N_1 + G_2$,且$\delta A > N_1 + (G_1+G_2)/2$。此时,如果要式子成立,需要$N_1 + (G_1+G_2)/2 < N_1 + G_1$,且$N_1 + (G_1+G_2)/2 < N_1 + G_2$。结果显示,$G_1 > G_2$和$G_1 < G_2$,显然矛盾。因此,只有当$\delta A > N_1 + G_1$,$\delta A > N_1 + G_2$时,(1,1)成为局部均衡点。

所以,综合来看:

(1)当影响因子$\delta A$、$G_1$、$G_2$、$N_1$赋值情况不满足$\delta A > N_1 + G_1$,且$\delta A > N_1 + G_2$时,有(0,0)点成

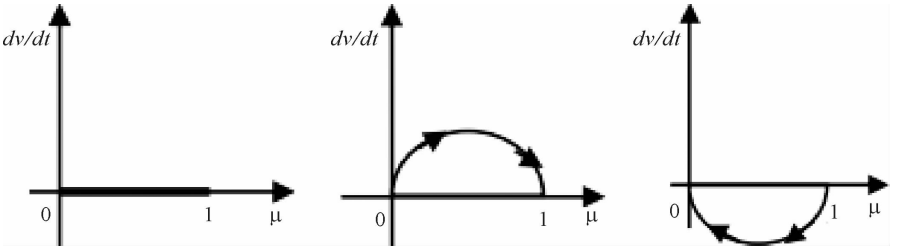
为唯一演化稳定策略。这表明在食品安全收益不能有较大的提升(高于沟通成本和面对可能存在的惩罚损失),不合作将是政府监管部门和社会组织的演化稳定策略选择。

(2)当 $\delta A > N_1 + G_1$,且 $\delta A > N_1 + G_2$ 时,食品安全共同监管的演化稳定策略如表所示。食品安全共同监管演化稳定策略原本存在着5个局部均衡点,但此时只有(0,0)和(1,1)是食品安全共同监管演化稳定策略的稳定均衡点。

**表4 均衡点与均衡稳定性**

| 均衡点 | *Det*(*J*)值 | *Tr*(*J*)值 | 均衡稳定性 |
|---|---|---|---|
| (0,0) | + | − | ESS |
| (0,1) | + | 0 | 无 |
| (1,0) | + | + | 不稳定 |
| (1,1) | + | − | ESS |
| $(\mu^*,\nu^*)$ | 不确定 | 0 | 无 |

在这样的情况下,对于政府监管部门而言,其群体复刻动态相位图为:

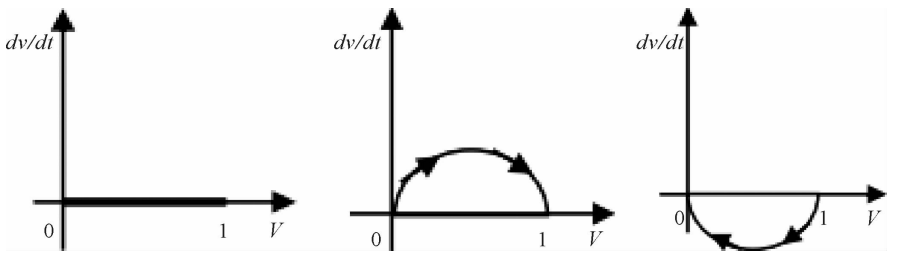



(a) $\nu = N_1/(\delta A - G_1)$ $\mu^* \in [0,1]$ (b) $\nu > N_1/(\delta A - G_1)$ ESS:$\mu^* = 1$ (c) $\nu < N_1/(\delta A - G_1)$ ESS:$\mu^* = 0$

**图1 政府监管部门群体复刻动态相位图**

当 $\nu = N_1/(\delta A - G_1)$ 时,那么 $d\mu/dt = 0$,表明所有的 $\mu$ 水平方向的赋值都是演化稳定策略。此时无论政府监管部门选择合作还是不合作,其效果均相同,因此政府监管部门与社会组织合作的策略选择具有随机特征。当 $\nu > N_1/(\delta A - G_1)$ 时,在 $\mu = 1$ 时,有 $d\mu/dt = 0$,所以 $\mu = 1$ 是演化稳定策略,此时政府监管部门将最终选择一直与社会组织合作策略。当 $\nu < N_1/(\delta A - G_1)$ 时,在 $\mu = 0$ 时,有 $d\mu/dt = 0$,所以 $\mu = 0$ 是演化稳定策略,此时政府监管部门将最终选择不与社会组织合作的策略。

类似可得社会组织演化稳定策略。当 $\mu = N_1/(\delta A - G_2)$ 时,那么 $d\mu/dt = 0$,表明所有的 $\mu$ 水平方向的赋值都是演化稳定策略。此时无论社会组织选择合作还是不合作,其效果均相同,因此社会组织与政府监管部门合作的策略选择具有随机特征。




(d) $\mu = N_1/(\delta A - G_2)$ $\nu^* \in [0,1]$ (e) $\mu > N_1/(\delta A - G_2)$ ESS:$\nu^* = 1$ (f) $\mu < N_1/(\delta A - G_2)$ ESS:$\nu^* = 0$

**图2 社会组织群体复刻动态相位图**

当 $\mu > N_1/(\delta A - G_2)$ 时，在 $\nu = 1$ 时，有 $d\nu/dt = 0$，所以 $\nu = 1$ 是演化稳定策略，此时社会组织将最终选择一直与政府监管部门合作的策略。当 $\mu < N_1/(\delta A - G_2)$ 时，在 $\nu = 0$ 时，有 $d\nu/dt = 0$，所以 $\nu = 0$ 是演化稳定策略，此时社会组织将最终选择不与政府监管部门合作的策略。

通过上文分析，本文发现社会组织的合作概率的初始状态对政府监管部门的合作选择演化稳定结果产生了决定影响。同样，政府监管部门的合作概率的初始状态也决定着社会组织选择合作的演化稳定结果。其中 $N_1/(\delta A - G_2)$ 和 $N_1/(\delta A - G_1)$ 是政府监管部门和社会组织博弈中的均衡临界点。在政府监管部门与社会组织的演化博弈过程中，在 $N = \{(\mu, \nu) \mid 0 \leqslant \mu, \nu \leqslant 1\}$ 上，政府监管部门有 $\mu = N_1/(\delta A - G_2)$ 的概率选择合作监管策略，社会组织有 $\nu = N_1/(\delta A - G_1)$ 的概率选择与政府监管部门合作的策略。因此，政府监管部门选择合作的概率取决于与社会组织合作带来的食品安全监管效果收益 $\delta A$、政府监管部门不再与社会组织合作从而对后者带来的惩罚损失效果 $G_2$ 和与社会组织沟通协调的成本 $N_1$。社会组织选择合作的概率取决于与社会组织合作带来的食品安全监管效果收益 $\delta A$、政府监管部门受上级部门惩罚的损失 $G_1$ 和与政府监管部门沟通协调的成本 $N_1$。

因此，根据上文分析，本文可以根据不同影响因子的赋值情况，对模型结果进行综合分析：

（1）当 $\nu < N_1/(\delta A - G_1)$ 时，此时 $\mu = 0$（即政府监管部门不合作）是演化稳定策略选择。此时，$0 \leqslant \nu \leqslant 1 < N_1/(\delta A - G_1)$，可求得 $\delta A < N_1 + G_1$，表明政府监管部门与社会组织合作监管的收益 $\delta A$ 较低，不能覆盖合作的沟通成本和一旦出现食品安全事件后，上级部门对政府监管部门的惩罚损失之和。因此，政府监管部门将选择不合作作为演化稳定策略。

（2）当 $\nu > N_1/(\delta A - G_1)$ 时，此时 $\mu = 1$（即政府监管部门选择合作策略）演化稳定策略选择。此时，$N_1/(\delta A - G_1) < 0 \leqslant \nu \leqslant 1$，可求得 $\delta A > N_1 + G_1$，表明通过选择与社会组织相互合作能有效提升食品安全监管效果，获得超出沟通成本和上级部门惩罚的收益之和。在这种情况下，政府监管部门将选择合作作为演化稳定策略。

（3）当 $\mu < N_1/(\delta A - G_2)$ 时，此时 $\nu = 0$，（即社会组织选择不合作策略）是演化稳定策略选择。此时，$0 \leqslant \mu \leqslant 1 < N_1/(\delta A - G_2)$，可求得 $\delta A < N_1 + G_2$，表明社会组织与政府监管部门合作的收益较低，难以弥补两者的沟通成本和一旦出现食品安全事件后，政府监管部门对社会组织的相关惩罚损失之和。在这种情况下，社会组织将选择不合作作为演化稳定策略。

（4）当 $\mu > N_1/(\delta A - G_2)$ 时，此时 $\nu = 1$，（即社会组织选择合作策略）是演化稳定策略选择。此时，$N_1/(\delta A - G_2) < 0 \leqslant \nu \leqslant 1$，可求得 $\delta A > N_1 + G_2$，表明通过与政府监管部门的合作，社会组织能从共同监管中获得提升食品安全监管效果后的收益，超出了沟通成本和政府监管部门可能进行的惩罚损失之和。在这种情况下，社会组织将选择合作作为演化稳定策略。

（5）当 $0 \leqslant N_1/(\delta A - G_1) \leqslant 1$，且 $0 \leqslant N_1/(\delta A - G_2) \leqslant 1$ 时，即 $0 \leqslant \delta A \leqslant N_1 + G_1 \leqslant 1$，且 $0 \leqslant \delta A \leqslant N_1 + G_2 \leqslant 1$ 时，其中博弈主体的博弈行为选择及其成本—收益变化较为复杂。比如，当 $0 \leqslant N_1/(\delta A - G_1) \leqslant 1$，如社会组织选择合作概率 $\nu > N_1/(\delta A - G_2)$ 时，此时政府监管部门将选择合作策略（即 $\mu = 1$）。不过，对于社会组织而言，其选择不合作的概率可能会增加（形成了集体行动中的“搭便车”行为）。如果社会组织选择不合作的概率 $\nu < N_1/(\delta A - G_1)$ 时，此时政府监管部门将选择不合作（即 $\mu = 0$）。在治理主体多元化的观念影响下，社会组织选择合作的概率可能会增加（在这种情况下，即使发生了食品安全事件，政府监管部门无法对其进行惩处）。因此，在 $0 \leqslant N_1/(\delta A - G_1) \leqslant 1$，且 $0 \leqslant N_1/(\delta A - G_2) \leqslant 1$ 的条件下，政府监管部门与社会组织之间无法形成演化稳定策略，“合作”与“不合作”的策略选择在政府监管部门与社会组织的博弈中不断变化，难以形成食品安全监管的共同监管效果。

因此,为了实现食品安全共同监管的社会共治,可以优化政府监管部门与社会组织的协作沟通机制,提升共同监管过程中的协调配合作用,提升食品安全监管效果(增加监管者的收益),降低双方之间的沟通成本。积极推进食品安全社会共治的制度设计,鼓励政府监管部门与社会组织在共同监管中相互合作,明确食品安全监管改革方向,为政府监管部门在监管过程中减少不必要的限制。同时,降低社会组织在共同监管过程中可能面临的惩罚,形成有效的激励与约束机制。

**(三)政府监管部门、生产企业与社会组织三方博弈关系的构建**

1. 基本假设

上文通过建立政府监管部门与生产企业、政府监管部门与社会组织的双人博弈模型,分析了在不同成本—收益影响下,博弈中存在的纳什均衡策略和演化稳定策略。本小节将讨论共同监管过程中三主体的博弈情况,构建包含政府监管部门、生产企业与社会组织三方博弈主体的博弈模型。其中,政府监管部门面临着保障食品安全的职责,面对着监管成本高、监管资源少和监管收益不足的影响,政府监管部门存在着监管和不监管的行动策略选择。生产企业是食品安全保障的第一责任人,受节约成本和市场利润的影响,在生产过程中存在着规范生产和违规生产的策略选择。对于社会组织而言,其对食品安全的保障有着强烈的要求,在具体实践过程中存在着与政府监管部门合作和不合作的策略选择。博弈顺序为社会组织—政府监管部门—生产企业,三博弈主体博弈树如图3所示。

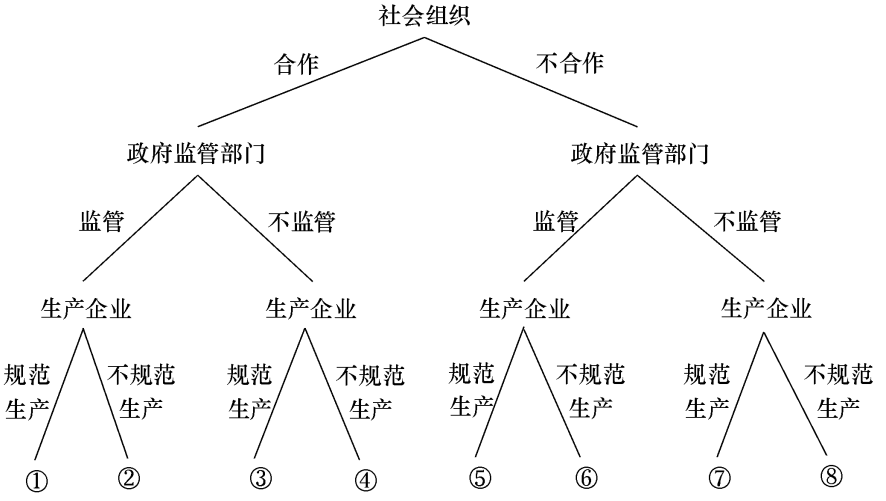



**图3 三方博弈树状图**

生产企业在规范生产时,其收益为0,而在违规生产时,其能获得违规收入 $W$。在政府监管部门选择监管时,监管成本为 $C_G$。如企业规范生产,则政府监管部门获得食品安全监管效果提升收益为 $R_G$,其总收益为 $R_G - C_G$。如果企业违规生产,假设监管部门有 $s(0 \leqslant s \leqslant 1)$ 的概率检查发现到企业违规生产的情况,并对其进行处罚,生产企业此时的收益则变为 $(1-s)W$,政府监管部门的收益则为食品安全监管收益 $R_G - C_G + (1-s)W$。如政府监管部门选择不监管,若企业规范生产,政府监管部门收益为 $R_G$。若企业违规生产,则政府监管部门将面临着发生食品安全事件后,公信力的损失 $S_G$。在社会组织参与合作的背景下,规范生产的企业会获得良好的市场声誉,企业能获得 $Y_Q$ 的收益,而违规生产的企业将受到声誉损失 $Y_S$。

**表 5　政府监管部门、生产企业与社会组织三方博弈收益**

| | | 社会组织 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 合作 | | 不合作 | |
| | | 政府监管部门 | | 政府监管部门 | |
| | | 监管 | 不监管 | 监管 | 不监管 |
| 生产企业 | 规范生产 | ①$(Y_Q, R_{G+S}-C_G-C_{G+S}, R_{G+S}-C_S-C_{G+S})$ | ③$(Y_Q, R_S-C_{G+S}, R_S-C_S-C_{G+S})$ | ⑤$(Y_Q, R_G-C_G, 0)$ | ⑦$(0,0,0)$ |
| | 违规生产 | ②$(-(1-s)W-Y_S, R_{G+S}+(1-s)W-C_G-C_{G+S}, R_{G+S}-C_S-C_{G+S})$ | ④$(-Y_S, R_S-S_G-C_{G+S}, R_S-C_S-C_{G+S})$ | ⑥$(-(1-s)W-Y_S, R_G+(1-s)W-C_G, 0)$ | ⑧$(W, -S_G, 0)$ |

而在政府监管部门选择监管时,在社会组织合作的情况下,双方均能获得食品安全监管收益 $R_{G+S}$。如果社会组织选择不合作,则社会组织获益为 0。在政府监管部门选择不监管时,社会组织不合作的情况下,政府监管部门将有 $S_G$ 的损失,社会组织收益为 0。如果此时社会组织选择合作,那么社会组织将获得 $R_S$ 的收益($R_S < R_G$)。最后,假设政府监管部门监管成本为 $C_G$,社会组织监管成本为 $C_S$。两者合作时,产生的沟通协调成本为 $C_{G+S}$。

基于以上假设,本文建立了三方博弈的动态模型(见图 3)。同时,本文假设,社会组织选择合作和不合作的概率分别为 $h$ 与 $1-h$;政府监管部门选择监管和不监管的概率分别为 $g$ 和 $1-g$;生产企业选择规范生产和违规生产的概率分布为 $q$ 和 $1-q$。博弈主体的收益矩阵见表 5。

通过图 3 博弈树和表 5 的博弈收益表,本文接下来将通过混合策略纳什均衡进行博弈分析,求解出三方的期望收益。设社会组织合作时的期望收益为 $E_1$,不合作时的期望收益为 $E_2$。有:

$$E_1 = (q-1)C_S + gR_{G+S} - C_{G+S} - gqC_G + (1-g)R_S$$

$$E_2 = gR_G + (1-s)(1-q)W - gC_G + (1-g)(q-1)S_G$$

同理,设监管部门监管的期望收益为 $T_1$,不监管时的期望收益为 $T_2$,则有:

$$T_1 = hR_{G+S} + (1-h)R_G + (1-s)(1-q)W + (1-hq)C_G - hqC_S$$

$$T_2 = hR_S - h(1-q)S_G - hC_{G+S}$$

此时,本文再设生产企业规范生产时的期望收益为 $F_1$,违规生产时的期望收益为 $F_2$,有:

$$F_1 = hY_Q + (1-h)gY_Q$$

$$F_2 = (hg-g-h)YS + (gs-g-h+hg)W$$

根据混合策略纳什均衡计算,当政府监管部门、社会组织和生产企业三方不同策略选择的期望收益相等时,求得纳什均衡解,即 $E_1 = E_2$、$T_1 = T_2$、$F_1 = F_2$,有:

$$q = 1 - [(C_{G+S} + gR_G + C_G + (g-1)R_S - gR_{G+S})/(gC_{G+S} + (g-1)S_G + (s-1)W - C_S)]$$

$$h = (C_G + (1-s)(1-q)W + R_G)/(R_S + (q-1)S_{G+}q(C_S + C_G) + R_G - C_{G+S} - R_{G+S}$$

$$g = (h(Y_Q + Y_S + W))/((h-1)(Y_Q + Y_S + W) + sW)$$

2. 博弈模型结果分析

以上模型运算分析结果显示,政府监管部门、社会组织和生产企业在食品安全共同监管过程中的策略行为选择受到诸多因素的影响。

(1)$q$ 函数结果显示,政府监管部门的监管成本越高,其监管力度和频率将下降,监管概率随之降低,生产企业选择违规生产的概率将会增加。政府监管部门与社会组织各自监管(或共同监管)效果越好,双方面临的食品安全压力越小,两者监管的压力随之减少,从而降低监管概率。面临着

减少的监管压力，生产企业选择违规生产的概率将会增加。同时，政府监管部门对违规生产企业处罚力度越大，监管概率越高，企业规范生产的概率越高。如果在监管实践中发生了食品安全事件，对政府监管部门带来的公信力损失越大，其面临巨大的监管压力，将选择更高概率的监管策略，生产企业选择规范生产的概率也将随之增加。

（2）$h$ 函数结果显示，社会组织进行监管的收益越高，对违规生产企业的惩罚力度越大，生产企业选择规范生产的概率就越高，食品安全监管效果越好，那么社会组织就会减少监管，选择与政府合作监管的概率就越小。监管成本越高，两者均难以有效承担相应的监管工作，从而使得社会组织选择合作的概率降低。政府监管部门不与社会组织合作时，一旦发生食品安全事件，其公信力损失越多，社会组织越不愿与之合作。此外，通过合作获得的监管收益越多，社会组织更倾向于选择合作。生产企业违规生产所获利越多，其违规生产概率越大，食品安全风险增加，社会组织选择合作监管的概率也进一步增加。

（3）$g$ 函数结果显示，市场声誉对生产企业利益的影响越大，就越需要发挥政府监管部门的监管作用，以及政府监管部门与社会组织的合作功能，从而使得政府监管部门选择监管的概率增加。同时，生产企业通过违规生产获利越多，消费者受到损失越严重，政府监管部门就面临着巨大的监管压力，其监管概率越高。此外，政府监管部门对违规生产企业处罚力度越大，违规生产企业面临的损失越高，其规范生产的概率越高，食品安全效果越高，政府监管部门选择监管的概率则降低。

## 三、总结与讨论

本文基于食品安全监管过程中政府监管部门、食品行业生产企业和社会组织，构建动态博弈模型，展示并深入分析如何通过多主体的共同监管，以更好地迈向食品安全的良好社会共治。

通过对政府监管部门与生产企业的博弈分析，结果显示，双方博弈中存在混合策略纳什均衡，为了提升食品安全监管效果，在监管过程中，应当降低企业选择机会主义而减少的成本，通过各项政策措施引导企业建立规范生产过程，降低规范生产投入成本。其次，通过理顺监管职能，提高监管效能，降低监管成本，实现各个环节的无缝对接。再次，通过增加对不规范生产经营企业的处罚力度，增加其被惩罚成本，从而形成强有力的惩罚约束，抑制企业机会主义行为倾向。再者，增加不规范生产企业的市场损失，将市场声誉与企业收益挂钩，形成规范生产约束。最后，提升政府监管部门的公信力。在食品安全监管过程中引入多元主体的加入，逐渐实现食品安全监管过程的公开化、透明化和多元化，建立食品安全的共同监管模式。

通过建立政府监管部门与社会组织的演化稳定策略模型，本文发现，实现食品安全共同监管，需要优化政府监管部门与社会组织的协作沟通机制，提升共同监管过程中的协调配合作用，提升食品安全监管效果，降低双方沟通成本。需要进一步推进食品安全社会共治的制度设计，鼓励政府监管部门与社会组织在共同监管中相互合作，明确食品安全监管改革方向，为政府监管部门在监管过程中“松绑”，减少不必要的限制。同时，降低社会组织在共同监管过程中可能面临的惩罚，形成有效的激励与约束机制。

通过建立政府监管部门、生产企业和社会组织三方博弈模型，实现容纳多元主体的食品安全共同监管，应当降低政府监管部门的监管成本，优化监管体制，明确部门监管职责。建立政府监管部门与社会组织沟通协调机制，降低合作成本。通过政府监管部门与社会组织合作监管，充分发挥市场声誉在企业市场竞争中的作用，增加良好声誉企业的收益，增加违规生产企业的损失。同时，加大对食品生产企业违规生产行为的处罚力度，增加其面临的处罚损失，以减少其机会主义行为。总的来讲，食品安全监管应当是多元主体参与的、协同共治的过程。

综合以上分析,对于如何有效地实现食品安全共同监管的协同共治,本文总结并提出如下政策建议:

(1)优化政府监管职能,降低监管成本。政府监管部门的监管成本约束着其监管行为的选择和监管效果的实现。当前,我国食品安全监管体制仍然存在部门监管内容交叉,职能不清,权责不明,整个监管难以形成有效"无缝链接"的问题,导致各个环节的监管部门需要投入大量的监管成本,影响了监管效果。因此,应优化政府各部门监管职能,打造贯通整个食品安全供应链的"监管链",实现监管信息有效传递和食品信息可追溯,降低监管成本,提升监管效果。

(2)推进监管体制改革,容纳多元主体。食品安全监管过程中,政府监管部门是监管的重要力量,但是也不能忽视其他主体所能发挥的作用。本研究以"社会组织"概念代表了行业协会、消费者组织和媒体等多元行动主体。博弈结果显示,社会组织的有效参与有助于承担政府监管部门的部分监管内容,对生产企业生产过程进行严格规范,从而提升监管效果。因此,积极推进食品安全监管体制改革,将多元主体纳入到监管体制中,建立共同监管体系,实现食品安全社会共治。

(3)发挥市场机制作用,激励惩罚并重。在食品安全监管过程中,应当充分发挥市场机制作用,诸如通过市场声誉机制,为规范生产企业提供良好的市场声誉,实现良好声誉收益。而对于不规范生产企业,则以恶劣声誉作为标签,对其市场交易和市场竞争产生消极影响。然而市场机制的发挥也存在一定的"柠檬市场"困境,因此需要发挥政府监管部门与社会组织共同监管的作用,以可视化、易发现的标签形式将企业类型进行展现。同时,对规范生产企业进行激励,诸如减少税收、加强补贴、减少水电费等。而对违规生产企业加大惩罚力度,以降低违规生产概率。

(4)提升政府公信力,保障市场信心。通过优化监管体制,实现共同监管,打造多主体参与的食品安全监管体系,逐步实现食品安全监管过程的公开化、透明化和多元化,提升政府在食品安全监管过程中的公信力。只有在消费者信任食品行业、相信消费品安全的情况下,我国食品安全才能有效地转化为促进食品行业进一步发展的良性循环动力。

**参考文献:**

[1]晚春东,秦志兵, 吴绩新. 供应链视角下食品安全风险控制研究[J]. 中国软科学, 2018(10):189 - 197.

[2]曾敏刚,吴倩倩. 信息共享对供应链绩效的间接作用机理研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2013(6):24 - 32.

[3]侯博. 信息不对称、可追溯性与我国食品可追溯体系考察[J]. 江南大学学报(人文社会科学版), 2017(5):124 - 129.

[4]王常伟. 基于生产经营主体激励视角的食品安全问题研究——信息不对称条件下的理论与实证分析[D]. 上海:上海交通大学, 2014:53 - 68.

[5]龚强,张一林,余建宇. 激励、信息与食品安全规制[J]. 经济研究, 2013(3):136 - 148.

[6]赵德余. 论食品安全危机及其监管政策体系的重塑[J]. 中国市场, 2012(16):61 - 67.

[7]张云辉,霍士琦. 我国食品安全监管中的政企合谋与最优防范机制[J]. 科技与管理,2017(6):33 - 38.

[8]牛亮云,吴林海. 政府与食品生产企业的合谋监管博弈[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2018(2):107 - 117.

[9]朱俊奇,邢勤锋,杨力. 三维监管博弈:法治化、参与能力和社会伦理——食品安全监管利益相关者博弈研究[J]. 安徽理工大学学报(社会科学版), 2018(1):23 - 29.

[10]李静. 从"一元单向分段"到"多元网络协同"——中国食品安全监管机制的完善路径[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2015(4):93 - 97.

[11]VERBRUGGEN P. Does Co-Regulation Strengthen EU Legitimacy? [J]. European Law Journal, 2009(4):425 - 441.

[12]MARTINEZ M G, VERBRUGGEN P, FEARNE A. Risk-Based Approaches to Food Safety Regulation: What Role for Co-Regulation? [J]. Journal of Risk Research, 2013(9):1101 - 1121.

[13]何立华,杨淑华. 食品安全问题的成因及其解决——基于政府与市场失灵的角度[J]. 经济与管理评论, 2011(2):40-45.

[14]BAVOROVÁ M, HIRSCHAUER. Food safety and network governance structure of the agri-food system[J]. European Journal of Law and Economics, 2014(1):1-11.

[15]MARTINEZ M G, POOLE N. The development of private fresh produce safety standards: implications for developing Mediterranean exporting countries[J]. Food Policy, 2004(3):229-255.

# Multi- agent Game Analysis of Co-regulation on Food Safety

ZHAO De-yu, TANG Bo

(*School of Social Development and Public Policy*, *Fudan University*, *Shanghai* 200433, *China*)

**Abstract**: Base on the game analysis of multi-agent in the process of food safety regulation, such as government departments, food producers and social organizations, it can be found that the relationship between government and producers is always in a state of change, the main performance is that the government strengthens regulation, urges the producers to standardize the production, guarantees the food safety supervision effect. However, the high regulatory cost makes the government have to reduce the regulatory probability, thus providing space for producers to choose opportunistic behaviors, leading to frequent food safety incidents, and the government has to continue to strengthen regulation. At this time, the probability that the government chooses cooperative regulation with social organizations determines the stable evolutionary result of cooperative cooperation between social organizations and affects the establishment of co-regulation system for food safety. In the process of regulation, the cost of communication and coordination between the government and social organizations and the intensity of regulation over producers need to be explored and clarified in the collaborative governance involving multiple actors.

**Key Words**: food safety; co-governance; supply chains; multi-agent game; government credibility