

罗 峦,王亚鲁. 基于参与者利益的农产品供应链可追溯推广驱动因素[J]. 江苏农业科学,2020,48(6):295-299.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.06.055

# 基于参与者利益的农产品供应链可追溯推广驱动因素

罗 峦,王亚鲁

(湖南农业大学经济学院,湖南长沙 410128)

**摘要:**如何有效保障农产品质量安全,维护广大消费者的健康权益,是各国政府长期致力解决的重大问题。从国际经验来看,实施供应链可追溯管理是预防农产品质量安全风险的有效途径。推广和使用可追溯系统需要供应链主体的积极参与。采用博弈论方法,从参与者利益出发,对影响参与者行为选择的主要因素进行理论剖析。结果表明,产品价格溢价的获得、预期安全成本和赔偿机制的合理性及内部违约惩戒制度的有效性是驱动供应链主体参与可追溯系统的 3 个关键因素。

**关键词:**农产品供应链;可追溯管理;参与者利益;博弈;赔偿机制;监督

**中图分类号:**F252   **文献标志码:**A   **文章编号:**1002-1302(2020)06-0295-05

随着我国人们生活水平的提高、消费者对农产品质量的日益重视,农产品的安全也越来越受到人们的关注。但是,在农产品的生产、保鲜、储藏、加工等环节,危害消费者健康安全的事件屡屡发生,造成广大消费者对农产品安全的担忧。建立严格的农产品可追溯管理制度,提高农产品质量属性的透明性,强化农产品供应链各关键节点的质量控制,是目前各国提高产品品质、保障农产品安全的重要手段。农产品供应链追溯系统的作用主要表现在以下几个方面:首先,可追溯系统能够通过溯源信息识别问题源头、召回问题产品和划分事故责任,为消费者提供透明的向前或向后追溯的食品质量安全信息<sup>[1]</sup>;其次,帮助企业在某种程度上隔离或控制问题源头,追溯系统越精密越能更快识别产品安全或质量问题,使发现和更快响应并解决农产品安全问题成为可能<sup>[2]</sup>;最后,可追溯系统还能协助消费者和政府检查从生产到销售的每个企业的安全责任,它的建立能激励企业改善产品的品质,使消费者恢复对食品安全的信心<sup>[3]</sup>。如媒体曝光北京市某知名连锁超市出售假冒有机食品,就是通过商品提供的可追溯系统进行追踪溯源,发现农场基地有机生产存在可能造假的嫌疑。这虽然是一负面事件,但同时也表明可追溯系统的建立协助了

第三方和消费者对食品安全质量的监督,也有助于政府部门对企业产品质量承诺的检查和监管。因此,推广实施农产品供应链可追溯管理对保障农产品安全具有重要的现实意义。从各国实践来看,政府的公共强制标准与组织的私人自我约束标准是实施农产品供应链可追溯管理的 2 种重要途径,而自愿的可追溯管理计划来自参与主体从利益出发的主动构建,其实施成本较低,并能获得较好的效果。本研究从参与者的利益出发,应用博弈分析方法对影响其参与意愿的因素进行分析,诠释驱动农产品供应链可追溯管理实施的内在动力,对提升生产者的参与意愿,促进我国农产品供应链可追溯推广具有重要的现实价值。

## 1 农产品供应链主体参与可追溯的利益决策博弈

整体来看,供应链可追溯对于食品安全状况来说具有重要的积极作用,但对于企业而言,其利润得失才是决定其是否使用该系统的因素。上游的农场和下游的加工企业、流通企业是农产品供应链上的核心主体。供应链上所有的企业,包括农场、加工企业、运输企业、销售商等是否都参与该体系以及对可追溯所投入的成本、可追溯系统的宽度、精度、深度等都对食品安全系数有一定影响<sup>[4]</sup>。企业基于成本及利润的权衡之后才能决定是否使用产品可追溯系统,各企业之间就利益问题展开博弈。假设上游企业主要由大型或小型农场组成(简称农场);下游企业由各类中间商组成(简称企业);进而对企业的行为进行分析。

收稿日期:2019-02-26

基金项目:湖南省教育厅科学研究重点项目(编号:16A104)。

作者简介:罗 峦(1973—),女,湖南长沙人,博士,副教授,主要从事农产品流通与贸易研究。

通信作者:王亚鲁,硕士研究生。E-mail:3181225402@qq.com。

首先,追溯系统的使用须要投入成本,有时甚至是高昂的成本,企业可能负担不起。其次,消费者可能对可追溯产品了解不多或不愿为其支付更高的价格,甚至对投机性企业来说可追溯风险性高、成本大,因此许多企业不会使用。但其产品相对于其他产品来说具有安全性高的特点,因此其预期赔偿成本也可能相对其他企业来说要低一些;除直接收益外还可能带来无形收益,如产品给人们以更加值得信赖的形象。再者为了促进供应链可追溯系统在我国普及与发展,政府可能给予补贴,因此有许多企业也会选择使用。基于上述各因素对企业选择的影响,建立模型分析。

假设 1:在使用可追溯系统时消费者愿意支付高于平均水平的价格,且上下游企业的决策是单一的,不存在特殊情况。每个企业都有足够的资金可以支付使用可追溯系统的成本。

假设 2:上下游企业都不采取可追溯,农场收益为  $T_1$ ,企业收益为  $T_2$ 。农场使用农产品追溯系统的投入资金为  $C_1$ ,企业农产品追溯的投入资金为  $C_2$ ,资金主要用于开发和购买可追溯技术和设备。供应链的可追溯水平  $\theta$  与投入资金有关,随着供应链的完善,追溯水平提升不须要花费大量资金购买设备,即可追溯水平与资金投入呈指数型增长关系。设  $\theta = \frac{1}{2}rC^{2[5]}$  ( $r$  为正常数)。

假设 3:农场按最大的产出能力  $A$  向市场提供农产品,且假定农产品价格与可追溯水平呈正相关,消费者更愿意为高安全产品支付更高的价格。设  $\Delta p = \lambda\theta$ ,  $\Delta p$  为实施可追溯后产品可能增加的价格<sup>[6]</sup>。

价格<sup>[6]</sup>。

假设 4:生产每一单位可追溯产品,其成本都会增加,设农场每生产一单位农产品增加的成本为  $c_1$ ,企业每一单位可追溯产品增加的成本为  $c_2$ 。设  $c_1$ 、 $c_2$  与  $C_1$ 、 $C_2$  无关。

农场和企业根据自己的收益进行决策,不同决策决定了不同收益。农场和企业都可单独作出决策且其决策不会相互影响,博弈树见图 1。

在理论决策中,企业和农场的收益见图 1。农场或企业实行可追溯,其收益将发生变化;不使用可追溯,其收益不变。仅在收益影响决策的情况下,若  $\left[T_1 + \left(\frac{\lambda}{2}rC_1^2 - c_1\right)A - C_1\right] \geq T_1$ , 即  $\left[\left(\frac{\lambda}{2}rC_1^2 - c_1\right)A - C_1\right] \geq 0$ , 农场因使用可追溯而获得更高收益,因此农场就会选择使用;同理,当  $\left(\frac{\lambda}{2}rC_2^2 - c_2\right)A - C_2 \geq 0$  时,企业也会选择使用;且在农场选择使用之后会激励企业也选择使用,因为企业将会获取比自己单独使用时更大的收益  $\left\{T_2 + \left[\frac{\lambda}{2}r(C_2^2 + 2C_1C_2) - c_2\right]A - C_2\right\}$ , 即双方同时使用大于单独使用时的总收益之和。但是企业使用并不会激励农场使用,因为不管企业做什么选择都不会影响农场收益。在双方同时使用的情况下,供应链的安全性提高可能带来较高的隐性收益,因此企业从中受益较多。龚强等认为,垂直的供应链结构中销售者能够从供应链可追溯中获益,而农场和整个供应链的收益将会降低<sup>[7]</sup>。

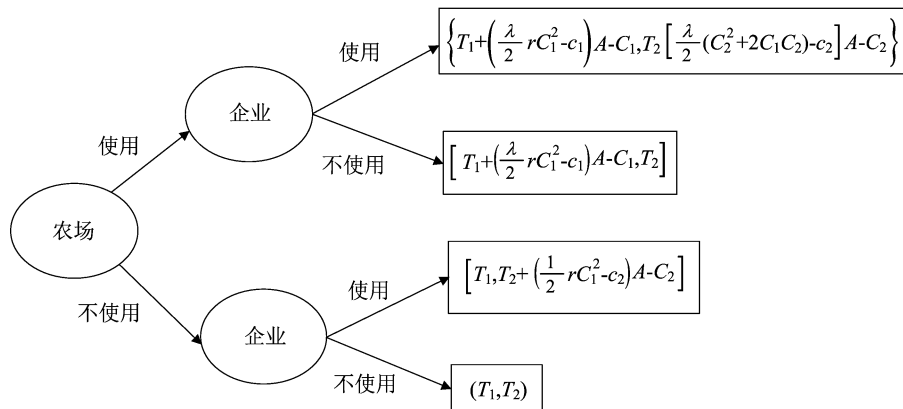


图1 农场和企业独立决策下的博弈结果

因此,如何使生产源头的农场能从可追溯管理中获益,从而激励其积极参与,是农产品供应链可追溯系统建设须要解决的重要问题之一。综上,当

农场获得的产品溢价超过其增加的成本时,其参与积极性将会被激发,企业同样如此,说明合理的利润空间是激励供应链主体参与可追溯系统首要的

关键动力因素。

## 2 预期安全责任成本及赔偿支付

农产品生产企业可追溯合作策略选择的概率不仅受可追溯体系建设投入成本的影响,还受建立后获得超额收益及风险损失减少值、食品安全事件发生概率、对违法企业罚款额等因素的影响<sup>[8]</sup>。

假设在一个包含消费者、农场、企业的供应链模型中,消费者是唯一的产品购买方,仅有一个供应链上游的农场供给原料,有唯一的供应链下游的企业进行产品加工和销售。双方同时使用供应链可追溯系统,且供应链中所有企业均在监管部门监管下,一旦出现产品安全问题时企业须支付赔偿金  $M$ ;若事后查出是农场的责任,那么农场须要支付赔偿金,且须要支付给企业声誉损失费  $N$ 。

食品从农场经企业到达消费者时出现问题的概率如下。

$$\delta = g(\theta_1) + g(\theta_2) - g(\theta_1)g(\theta_2)。(1)$$

式中: $g(\theta_1)$ 表示农场在可追溯水平为 $\theta_1$ 时,在农场环节出现问题的概率,如化肥、农药等使用超标所引起的产品问题; $g(\theta_2)$ 表示企业在可追溯水平为 $\theta_2$ 时在企业环节出现问题的概率,如加工、包装、运输等环节引起的食品污染问题。 $\theta_1, \theta_2 \in (0, 1)$ ,  $g(\theta_1), g(\theta_2) \in (0, 1)$ ,且 $g(\theta_1), g(\theta_2)$ 为单调递减函数,即可追溯水平越高,出现问题的概率越小。

假设5:根据可追溯供应链可追溯到农产品安全问题源头, $e$ 表示农场到企业的责任追究能力, $f$ 表示消费者对企业的责任追究能力。在农场环节出现问题且企业追溯到其责任时,农场须要支付赔偿金及企业的名誉损失,否则企业须要支付给消费者赔偿金。

综上可知农场的收益变化为 $\Delta W_1 = (\Delta p - c_1)A - C_1 - g(\theta_1)[1 - g(\theta_2)](M + N)fe$ 。

假设6: $g(\theta) = 1 - \theta$ ,因 $\Delta p = \lambda\theta, \theta = \frac{1}{2}rC^2$ ,代入得

$$\Delta W_1 = \left(\frac{\lambda r}{2}C_1^2 - c_1\right)A - C_1 - \left(1 - \frac{r}{2}C_1^2\right)\frac{r}{2}C_2^2(M + N)fe。(2)$$

农场只有在出现安全事故且追溯到是农场责任时,农场才进行支付赔偿。假设在双方都有责任或企业没有发现农场责任的情况下,一般由企业支付赔偿金。

可得企业的收益变化为:

$$\Delta W_2 = \left(\frac{\lambda r}{2}C_2^2 + 2C_1C_2 - c_2\right)A - C_2 - \left(1 - \frac{r}{4}C_1^2C_2^2\right)Mf(1 - e)。(3)$$

农场与企业利益变化的主要原因是可追溯系统的使用增加了设备投入成本、单位产品投入成本;由于产品安全性提高使消费者愿意支付更高的价格,进而增加收益;食品安全性的保障需要农场和企业支付一定的责任成本。

对公式(2)、公式(3)求导得一阶条件。

农场:

$$\frac{\partial \Delta W}{\partial C_1} = \lambda rC_1A - 1 + C_1\frac{r^2C_2^2}{2}(M + N)fe = 0。(4)$$

企业:

$$\frac{\partial \Delta W}{\partial C_2} = (\lambda rC_2 + 2C_1)A - 1 + \frac{r^2}{2}C_1^2C_2Mf(1 - e) = 0。(5)$$

对公式(4)、公式(5)求导:

$$\frac{\partial^2 \Delta W}{\partial C_1^2} = \lambda rA + \frac{r^2C_2^2}{2}(M + N)fe \geq 0;$$

$$\frac{\partial^2 \Delta W}{\partial C_2^2} = \lambda rA + \frac{r^2C_1^2}{2}(M + N)f(1 - e) \geq 0。$$

一阶导数等于0时,收益的变化取得最大值,此时 $C_1, C_2$ 就是最佳投入规模。

因为 $\lambda, r, f, e, M, N > 0$ ,所以二阶导数均 $\geq 0$ ,因此可知存在最小成本 $C_1^*, C_2^*$ 使得收益最高。当农场和企业为可追溯设备分别投入资金为 $C_1^*, C_2^*$ 时,农场和企业会获得最高收益。

对各影响因素进行分析,若假设消费者对企业的责任追究能力 $f$ 接近0,赔偿金 $M, N$ 有限时:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Delta W}{\partial C_1} = \lambda rC_1A - 1 = 0 \\ \frac{\partial \Delta W}{\partial C_2} = (\lambda rC_2 + 2C_1)A - 1 = 0 \end{cases}。$$

解得:

$$\begin{cases} C_1 = \frac{1}{A\lambda r} \\ C_2 = \frac{\lambda r - 2}{\lambda^2 r^2 A} \end{cases}。$$

因为 $\lambda, r$ 为正的常数,当责任追溯能力很低时,企业和农场预期的安全责任成本与 $A$ (最大产量)负相关。根据理性经济原理,双方都会选择不投入,即不使用可追溯。此时责任可追溯性不强,导致许

多不法商家投机取巧,铤而走险生产低成本、低质量的产品以赚取高额利润。而一旦发生事故,若赔偿金  $M$ 、 $N$  很高,很可能使企业面临高额罚款导致破产,引起市场动荡,企业更迭频繁。因此,农产品安全问题的保障不仅须要建立高效的追溯系统,还须要确立合理的责任赔偿机制。

### 3 内部违约惩戒和监督的有效性

农场和企业即使建立了可追溯系统,在管理过程中也可能存在机会主义行为,为了约束双方的行为,保证农产品质量,双方往往会签订具有法律效力的协议。在第三方的影响下双方都存在违约行为或违约倾向。因为第三方的存在往往会影响到企业之间的原定价格,因降低成本驱使,企业会选择第三方。如果被发现,进而会产生违约成本。其最终决定因素是违约成本与违约利益,当违约利益大于违约成本时,双方都会产生违约行为;当违约成本大于违约利益时,双方都会选择履约。即使在没有第三方影响的情况下,双方也存在博弈行为。

假设 7:农场与企业合作,农场作为供应链的唯一上游企业向唯一下游企业提供原材料,在可追溯成本  $C$  及可追溯规模  $\theta$  不变时,农场总收益为  $R_1$ ,企业总收益为  $R_2$ 。

假如双方的合作是 1 次性的,即双方的博弈为单次博弈,在一次交易完成之后,合作结束。对于农场而言不管违约与否得到的总收益为  $R_1$ ,因不履约可能会降低成本,那么农场有违约倾向。对于企

业而言,因最终产品收消费者及社会监督,可能会存在其他损失,因此收益会小于或等于  $R_2$ 。进而可知,在一次性交易中,产品的所有风险由企业承担,企业的利益损失较大。

因此,在实际交易中销售者往往采取签订长期契约的方式,与农场建立长期的交易关系,这样不仅可以降低自身风险,还有利于稳定原料价格以降低成本。在多次交易中,农场的行为就会受到企业及社会的监督,出现问题时,农场也要为自己的违约行为付出成本。

假设 8:农场在不违约时的收益为  $R_1$ ,成本为  $C_1$ ,违约概率为  $p$ ,不违约概率则为  $(1-p)$ 。企业可以选择对农场监督或不监督  $C_2^s$ ,监督成本为  $q$ ,监督的概率为  $q$ ,不监督的概率为  $(1-q)$ ,农场在违约的情况下检出问题的概率为  $n$ ,检验不出问题的概率为  $(1-n)$ 。农场在违约的情况下产品出现问题的概率为  $m$ ,不出现问题的概率为  $(1-m)$ 。当企业采取监督行为时,农场违约且检验到违约,则农场收益为 0,违约金为  $W$ ,农场声誉损失为  $L_1$ ;农场违约且没有检验到违约时,企业受到市场惩罚为  $F$ ,声誉损失为  $L_2$ ,农场赔偿损失为  $E$ 。当企业不采取监督农场违约时出现食品安全事故,企业受到的市场惩罚为  $(F+l)$ ,声誉损失为  $(L_2+l)$ ,农场赔偿损失为  $(E+l)$ ,声誉损失为  $L_1$ 。 $l$  为企业不监督时的额外惩罚 ( $l > C$ )。

农场是否违约和企业是否监督的决策最终都会影响他们的收益,不同决策下的收益见图 2。

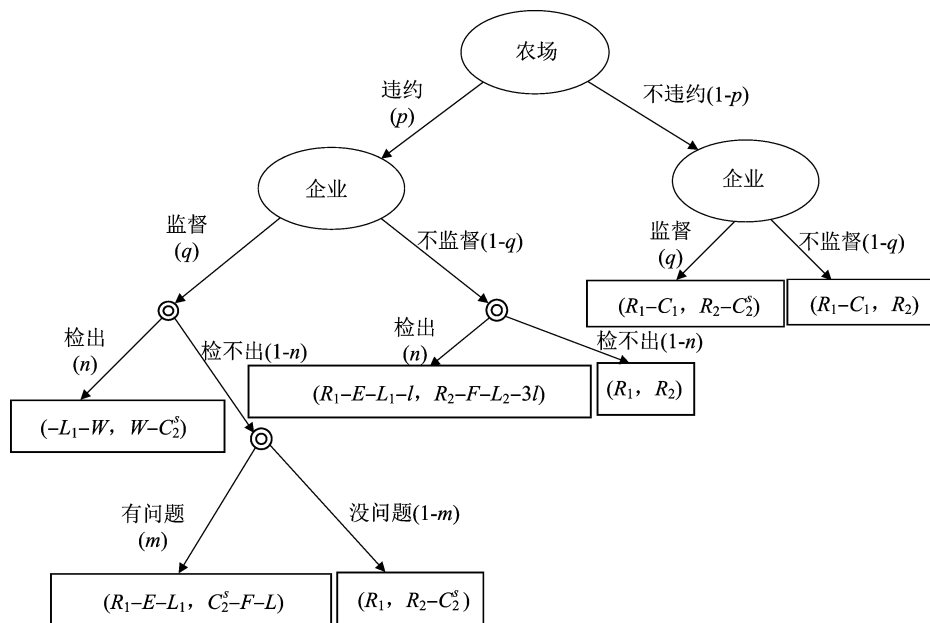


图2 不同决策下农场和企业的收益

当市场没有出现食品安全问题时,企业倾向于不监督,此时企业的收益为  $R_2$ ,农户选择违约,收益为  $R_1$ ,此时达到纳什均衡。但是在企业不监督的情况下,如果出现安全事故其惩罚损失  $l$  将会很大,很可能导致其净利润为负值,甚至导致企业停产,所以不监督对企业来说不是好的选择,企业选择监督的可能性大一些<sup>[6]</sup>。

当  $(R_2 - F - C_2^s - L_2) > (R_2 - F - L_2 - 3l)$  即  $3l > C_2^s$  时,说明企业不监督的损失大于监督时的损失,企业为长远考虑会选择监督。就农场而言,不违约也是更好的选择,随着农场对可追溯系统的了解,农场会知道违约一旦被检出其损失将很大,不但要缴纳违约金  $W$ ,还会影响声誉,声誉影响对农场来说可能是致命的,不仅合作的企业不会购买自己的产品,不合作的企业也会因为有违约记录而选择不合作,最终农场产品将无路可销。因此,为了避免风险农场会选择不违约。此时,企业监督和农场不违约将是双方的风险上策均衡,双方受益为  $(R_1 - C_1)$ 、 $(R_2 - C_2^s)$ 。该结果是供应链可追溯系统所达到的最好结果,此时社会福利将达到最大化,不仅对供应链各成员有利,也给消费者带来了健康安全的食物。长远来看,该结果有助于促进社会、经济、生态三者利益的协调和统一。

#### 4 结论与建议

本研究利用博弈论分析影响农产品供应链上主体参与可追溯系统的因素。总体来看,可追溯系统建立带来的产品价格溢价的获得、预期安全成本大小、赔偿机制的合理性及内部违约惩戒制度的有效性是影响农产品供应链上主体参与可追溯管理,实现可追溯系统推广的 3 个关键因素。首先,供应链主体合理利润的获得是可追溯系统建立的前提。参与者会比较其可能收益与成本,若可以获得利润,参与者就会使用可追溯管理,不得益就会选择放弃使用。在农场使用可追溯管理的情况下,企业有使用可追溯体系的激励,因为在农场使用可追溯管理的情况下企业会获得更高收益,且供应链主体全部使用可追溯管理的情况下,企业获利大于农场,即企业有更大的动力使用可追溯,企业为增加自身收益也会支持农场使用可追溯技术。因此,供应链主体的合作有助于可追溯系统的建立,应鼓励企业通过补贴等方式激励农场使用可追溯系统。其次,预期安全责任成本和赔偿额度是影响企业行

为的重要因素。在第三方责任追究能力不高的情况下企业使用可追溯的激励效果就较差,因为消费者和食品安全管理部门很难追究到他们的责任,预期的责任成本很小,将选择不实施。当赔偿责任超出合理区间时,又会引起参与者频繁地进入或退出市场,引起参与者投机偏好最大化。因此,政府须要增强农产品安全责任追究能力并构建合理的赔偿机制,还要帮助供应链参与者设立合理的资金投入规模,以获得最高收益。最后,企业对供应链的监管和农场的合作是可追溯系统运行的重要保障。虽然使用供应链可追溯系统,但也不能完全保证参与者的行为一定规范,因此须要对彼此的行为进行监督。尤其对企业而言,在追溯不到农场责任时,所有事故责任都由自己负担,因此,企业有对农场行为进行监督的偏好。对于农场而言是否违约要看其收益或损失的大小,因此,企业应加强监督力度,减少农场的投机行为。

对建立更加有效的农产品安全管理机制有如下建议:加强食品安全责任可追溯性,明晰事故责任方,保障消费者权益,禁止出现包庇及推卸责任等行为;建立合理的农产品安全赔偿机制;为促进可追溯系统的使用和推广,政府须对供应链的源头农场进行补贴,鼓励他们使用供应链可追溯系统;升级及创新可追溯系统并降低使用者的成本。

#### 参考文献:

- [1] Sterling B, Gooch M, Dent B, et al. Assessing the value and role of seafood traceability from an entire value - chain perspective [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2015, 14 (3): 205 - 268.
- [2] Aung M M, Chang Y S. Traceability in a food supply chain: safety and quality perspectives [J]. Food Control, 2014, 39 (5): 172 - 184.
- [3] Chang A H, Tseng C H, Min C Y. Value creation from a food traceability system based on a hierarchical model of consumer personality traits [J]. British Food Journal, 2013, 115 (9): 1361 - 1380.
- [4] 周湘贞, 冯颖超. 近场通信策略下生鲜农产品可追溯供应链价值研究 [J]. 江苏农业科学 2017, 45 (23): 324 - 329.
- [5] 巩永华, 薛殿中, 仲凯旋. 可追溯食品供应链博弈分析与协调研究 [J]. 南京邮电大学学报 (社会科学版), 2015, 17 (1): 44 - 48.
- [6] 王晓平, 张旭凤. 农产品可追溯制度下企业与农户行为的博弈 [J]. 中国流通经济, 2013, 27 (9): 94 - 99.
- [7] 龚强, 陈丰. 供应链可追溯性对食品安全和上下游企业利润的影响 [J]. 南开经济研究, 2012 (6): 30 - 48.
- [8] 杨正勇, 侯照格. 食品可追溯体系及其主体行为的演化博弈分析 [J]. 山东社会科学, 2016 (4): 132 - 137.