



# 基于情景推演的群体性突发事件演化博弈分析

王循庆<sup>1</sup>, 李勇建<sup>2</sup>, 孙华丽<sup>3</sup>

1 鲁东大学 商学院, 山东 烟台 264025

2 南开大学 商学院, 天津 300071

3 上海大学 管理学院, 上海 200444

**摘要:** 日益频发的群体性突发事件已严重影响到中国的社会和谐和公共安全。针对群体性突发事件中不同社会群体的利益博弈问题, 基于演化博弈理论研究群体性突发事件中强势群体和弱势群体两类异质群体策略选择的演化过程, 建立未引入上级政府惩罚机制和引入上级政府惩罚机制两种情景下的群体性突发事件演化博弈模型, 对比分析强势群体与弱势群体行为策略的演化稳定均衡, 基于数值仿真对模型进行情景推演模拟。研究表明, 未引入上级政府惩罚机制情景下, 当强势群体采取强硬策略的成本与信誉损失成本之和超过其获得收益和对采取抗争策略的弱势群体惩罚成本之和, 并且弱势群体通过抗争获得的收益小于其采取抗争策略的成本时, 两个异质群体将最终选择合作策略; 当强势群体采取强硬策略的收益超过其行动成本、信誉损失和提供补偿成本之和, 且弱势群体通过抗争获得收益超过其行动成本、获得补偿和支付惩罚成本之和时, 两个异质群体将选择强硬-抗争策略; 两群体策略演化速度与策略选择初始比例有直接关系, 在初始状态选择策略比例相同情况下, 弱势群体均比强势群体更快演化至均衡策略。引入上级政府惩罚机制情景下, 当上级政府惩罚力度高于强势群体采取强硬策略获得的收益与其行动成本、信誉损失成本和对弱势群体补偿成本之差值, 且同时高于弱势群体采取抗争策略获得收益与其行动成本差值时, 两个异质群体都将最终选择合作策略; 随着施加的惩罚增大, 对弱势群体策略演化的影响不再显著, 而对强势群体策略演化的影响却显著增加。研究结论为群体性突发事件情景-应对提供重要决策理论支持。

**关键词:** 群体性突发事件; 演化博弈; 情景推演; 演化稳定策略; 稳定性

**中图分类号:** C931

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.1672-0334.2015.06.011

**文章编号:** 1672-0334(2015)06-0133-11

## 1 引言

从传统社会向现代化转型的过程中, 改革的迅猛性和深化性对当前社会经济关系和结构产生了巨大影响。这些影响不但使原来的各种社会矛盾加剧, 同时也产生了许多新的矛盾, 如发生在不同社会群体阶层间的矛盾冲突。由于不同社会群体的利益冲突重合叠加, 导致社会群体间的矛盾日趋加深, 不同社会阶层(如强势群体与弱势群体间)利益发展

不平衡, 由此引发了各种不同类型暴力性、对抗性的群体性突发事件<sup>[1]</sup>。在群体性突发事件发生数量快速增长的同时, 事件爆发规模也越来越大, 参与人数已经由过去的每年几十万人扩大到现在的每年数百万人。群体性突发事件不仅会对社会群体的心理造成不稳定影响, 而且会对社会公众的财产和生命安全构成威胁, 导致政府公信力下降<sup>[2]</sup>。

发生群体性突发事件是社会各种复杂矛盾积

**收稿日期:** 2015-04-30 **修返日期:** 2015-08-20

**基金项目:** 国家社会科学基金(13&ZD147); 国家自然科学基金(91024002, 71372100, 71203134)

**作者简介:** 王循庆(1985-), 男, 山东潍坊人, 管理学博士, 鲁东大学商学院讲师, 研究方向: 应急管理 and 系统优化与决策分析等。E-mail: xunqingwang@163.com

累聚合的产物,这些群体性突发事件呈现出矛盾激化和冲突加剧的新趋势,已经成为影响社会和谐稳定的一个重要因素。因此,研究群体性突发事件的产生和演变机理,对于预防和处理群体性突发事件、减少社会损失、维护社会和谐稳定具有重要意义。

## 2 相关研究评述

群体性突发事件具有结构复杂性、信息匮乏性、矛盾对抗性、难以预测性等高度复杂性的非常规突发事件特征<sup>[3]</sup>,国外学者通常将群体性突发事件称为集群行为、社会运动、社会冲突,或以集会、游行、示威等活动来直接定义。已有研究主要从社会学和心理学等角度对集群行为进行研究,PARK et al.<sup>[4]</sup>从社会群体互动的角度将集群行为定义为个体在受到社会群体行为影响下失去理智的行为过程。由于群体本身具有的易受感染性、不可征服感、传染性3个因素会让个体对群体产生依赖感,表现出盲目的从众心理,导致出现更严重的过激行为<sup>[5-7]</sup>。BETHWAITE et al.<sup>[8]</sup>基于实验博弈探讨分配机制对社会弱势群体带来的影响,认为公平因素是弱势群体考虑分配机制的一个重要标准,由此会对弱势群体的心理及行为产生重要影响,也是导致弱势群体不理智集群行为涌现的一个重要方面;ROSENTHAL et al.<sup>[9]</sup>认为群体性突发事件是对社会公众的集体行为规则和价值观念构成严重威胁的事件。

在群体性突发事件成因方面,已有研究认为经济增长与公民权利的对抗会引发矛盾冲突,需通过增加解决社会各种冲突的新途径,采取有效的方式进行管理<sup>[10-12]</sup>。罗成琳等<sup>[13]</sup>进一步提取了影响群体性突发事件演化的主要指标,基于系统的研究角度将群体性突发事件演化机理模式分为静态结构模式和动态结构模式。由于群体性突发事件具有信息不确定性、参与者有限理性等特点,BORCH<sup>[14]</sup>提出应对群体参与者的负面情绪进行疏导。同时,社交媒体在引导群体参与者理性表达诉求、避免负面情绪积累导致事件进一步恶化方面起到重要作用<sup>[15-16]</sup>。

已有研究针对群体性突发事件演化机理的定量研究还较少,仅有少数学者基于博弈理论分析和探讨群体性突发事件中群体策略博弈过程。徐寅峰等<sup>[17]</sup>基于主观博弈模型对群体性突发事件的产生根源进行分析,并对产生根源的相关影响因素进行探讨,揭示了群体性突发事件的产生条件主要取决于弱势群体对其博弈收益的差距敏感程度、自身的收益变化率等;LO et al.<sup>[18]</sup>将参与博弈的个体行为选择过程中各种备选的行为看作是策略集,建立群体行为选择的非合作博弈模型,并采用混合策略下的纳什均衡对社会群体行为的涌现机理进行了详细解释分析;孙康等<sup>[19]</sup>基于演化博弈分析辽东湾违规捕捞海蜇逮捕事件频发的主要原因,发现“逮捕”获得的高收益会导致渔民采取模仿行为,而加大对“逮捕”的惩罚力度会迫使渔民采取守法策略;刘德海等<sup>[20]</sup>运用博弈理论研究环境污染引发的群体性突发性

事件,构建地方政府部门与周边居民之间的信息-权利协同演化博弈模型,并分析协商谈判和暗箱操作两种模式下的均衡演化过程,结果表明通过尊重周边居民的知情权和参与权采取协商谈判的方式解决环境污染纠纷问题;LIU et al.<sup>[21]</sup>建立政府机构与社会群体的博弈模型,对政府的不同应急处置策略进行探讨,并分析模型的Nash均衡。上述研究针对群体性突发事件中参与群体的有限理性特点,基于演化博弈研究参与群体的策略博弈过程,但以上研究只从博弈双方的物质利益角度对群体性突发事件的发生机理进行了分析。

此外,一些学者对不同参与社会群体的博弈策略演化过程进行分析,研究群体性突发事件产生的社会根源。盛济川等<sup>[22]</sup>以强势基层政府与弱势被征地农民为博弈双方,构造一个非对称鹰鸽博弈的演化博弈模型,根据博弈双方在不同收益情况下的演化稳定策略,揭示征地引发群体性突发事件产生的机理问题;刘德海<sup>[23]</sup>基于鹰鸽博弈模型研究社会弱势群体与弱势群体这两个群体间的策略演化过程,将动态变化的经济收入等因素加入到弱势群体的效用函数,对比分析不同社会群体的博弈选择策略,发现弱势群体的收益增长情况和博弈结构是影响群体性突发事件产生的重要因素。除博弈结构这一因素外,群体性突发事件的产生还源于政府对信息的披露及对舆论的引导。吴雪芹等<sup>[24]</sup>针对农村发生的群体性突发事件问题构建当地基层政府与农民群体之间的演化博弈模型,分析农村群体性突发事件发生的动态演化过程,揭示农民群体性突发事件产生的根源在于农民群体与基层政府间的信息不完全和对自身收益最大化的追求;LIU et al.<sup>[25]</sup>研究网络群体性突发事件舆论的传播过程,基于演化博弈模型分析舆论的演变趋势,表明政府信息的及时披露能够有效控制信息交流,正确引导舆论方向;刘德海<sup>[26]</sup>结合渤海溢油和青海宜化环境污染群体性突发事件,分析政府部门在采取不同的信息传播策略和群体利益调解策略对群体性突发事件的影响,发现周边居民的收益评估和政府的舆情引导对群体性突发事件演化起到重要作用。

综上所述,群体性突发事件的演化机理问题研究还处于起步阶段,不同社会群体的利益博弈问题是群体性突发事件演化的重点研究问题。但已有研究只考虑了博弈双方的物质利益,如刘德海<sup>[23]</sup>仅研究博弈双方的经济收益,较少考虑到非物质利益(如信誉损失)等参数对模型的影响。此外,已有模型没有深入分析上级政府的惩罚力度对群体性突发事件中异质群体策略演化的影响。基于此,本研究基于演化博弈理论,研究群体性突发事件中强势群体和弱势群体两类异质群体策略选择的演化过程,建立未引入上级政府惩罚机制和引入上级政府惩罚机制两种情景下的群体性突发事件演化博弈模型,对比分析强势群体与弱势群体行为策略的演化稳定均衡,为群体性突发事件情景-应对提供应急决策支

持。

### 3 问题描述

由于中国正处于经济转轨和社会转型的关键时期,社会利益结构的分化速度过快,不同社会群体的利益博弈关系趋于复杂,导致不同利益群体之间的矛盾和冲突正在日渐增多。不同于已有研究只探讨博弈双方的物质利益,本研究考虑非物质利益以及上级政府惩罚等对群体性突发事件演化的影响,借鉴刘德海<sup>[23]</sup>的研究,将不同社会利益群体分为强势群体和弱势群体两个异质群体,对研究问题提出如下假设。

(1)考虑在一个社会系统中有两类参与群体,即强势群体  $H$  和弱势群体  $D$ ,假设这两类参与群体都具备有限理性特征。两类群体同时争夺某种社会资源,弱势群体可以采取合作  $S$  或者抗争  $F$  两种策略,策略集合为  $ST_D, ST_D = \{S, F\}$ ; 强势群体可以采取合作  $C$  或者强硬  $T$  两种策略,策略集合为  $ST_H, ST_H = \{C, T\}$ 。在群体博弈过程中,假设强势群体采取强硬策略  $T$  的比例为  $p$ , 采取合作策略  $C$  的比例为  $(1-p)$ ,  $p \in [0, 1]$ ; 弱势群体采取抗争策略  $F$  的比例为  $q$ , 采取合作策略  $S$  的比例为  $(1-q)$ ,  $q \in [0, 1]$ 。

(2)假设强势群体通过合理的谈判合作机制让弱势群体妥协接受该方案时,强势群体会获得收益  $U$ , 同时弱势群体获得收益  $V$ 。由于强势群体拥有各种信息等资源,比弱势群体处于优势地位,因此收益满足  $U > V$ 。强势群体选择策略  $C$  的收益  $\Psi_H^{CS}$  和弱势群体选择策略  $S$  的收益  $\Psi_D^{CS}$  分别为

$$\begin{aligned} \Psi_H^{CS} &= U \\ \Psi_D^{CS} &= V \end{aligned} \quad (1)$$

(3)强势群体采取合作策略  $C$  时,弱势群体对强势群体提供的方案不满意,采取抗争策略  $F$ 。假设弱势群体采取抗争策略的成本为  $c_p$ , 同时会获得  $\Delta V$  的额外收益。强势群体因弱势群体抗争造成事件激化,会付出事件激化后的处置成本  $\Delta l$ 。强势群体选择策略  $C$  的收益  $\Psi_H^{CF}$  和弱势群体选择策略  $F$  的收益  $\Psi_D^{CF}$  分别为

$$\begin{aligned} \Psi_H^{CF} &= U - \Delta l - \Delta V \\ \Psi_D^{CF} &= V - c_p + \Delta V \end{aligned} \quad (2)$$

(4)强势群体采取强硬策略,弱势群体被迫妥协接受该方案时,强势群体获得  $\Delta U$  的额外收益,对采取合作策略的弱势群体提供  $\gamma$  的补偿成本。强势群体采取强硬策略的成本为  $c_g$ , 由于采取强硬策略会造成强势群体的信誉损失为  $\delta$ 。强势群体选择策略  $T$  的收益  $\Psi_H^{TS}$  和弱势群体选择策略  $S$  的收益  $\Psi_D^{TS}$  分别为

$$\begin{aligned} \Psi_H^{TS} &= U - c_g - \gamma - \delta + \Delta U \\ \Psi_D^{TS} &= V + \gamma - \Delta U \end{aligned} \quad (3)$$

(5)强势群体采用强硬策略,弱势群体由于利益受损采取抗争策略,此时强势群体对采取抗争策略的弱势群体进行的处罚为  $\omega$ 。强势群体选择策略  $T$  的

收益  $\Psi_H^{TF}$  和弱势群体选择策略  $F$  的收益  $\Psi_D^{TF}$  分别为

$$\begin{aligned} \Psi_H^{TF} &= U - c_g - \Delta l - \delta + \omega + \Delta U - \Delta V \\ \Psi_D^{TF} &= V - c_p - \omega - \Delta U + \Delta V \end{aligned} \quad (4)$$

根据以上分析,可以得到强势群体与弱势群体博弈矩阵,见表1。

表1 群体博弈矩阵  
Table 1 Group Game Matrix

强势群体 $H$	弱势群体 $D$	
	合作策略 $S$	抗争策略 $F$
合作策略 $C$	$\Psi_H^{CS}, \Psi_D^{CS}$	$\Psi_H^{CF}, \Psi_D^{CF}$
强硬策略 $T$	$\Psi_H^{TS}, \Psi_D^{TS}$	$\Psi_H^{TF}, \Psi_D^{TF}$

### 4 模型建立

由于信息的不确定性和博弈双方的有限理性,强势群体和弱势群体很难一次就做出理性的选择<sup>[25]</sup>,而是通过群体间相互不断学习、模仿进行行为决策的改变。演化博弈理论不同于传统博弈的完全理性假设,它适用于分析大规模有限理性的参与者通过学习、模仿达到稳定的均衡<sup>[22]</sup>。由于群体性突发事件中参与群体成员众多且表现为有限理性,因此采用演化博弈中的复制动态方程<sup>[27-29]</sup>描述其演化过程。

#### 4.1 强势群体复制动态方程和均衡分析

强势群体采取合作策略  $C$  的期望收益  $\Pi_C$  和强硬策略  $T$  的期望收益  $\Pi_T$  分别为

$$\begin{aligned} \Pi_C &= \Psi_H^{CF} q + \Psi_H^{CS} (1-q) \\ &= (U - \Delta l - \Delta V) q + U(1-q) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Pi_T &= \Psi_H^{TF} q + \Psi_H^{TS} (1-q) \\ &= (U - c_g - \Delta l - \delta + \omega + \Delta U - \Delta V) q + \\ &\quad (U - c_g - \gamma - \delta + \Delta U) (1-q) \end{aligned} \quad (6)$$

则强势群体的平均收益  $\Pi_H$  为

$$\Pi_H = \Pi_T p + \Pi_C (1-p) \quad (7)$$

根据 Malthusian 方程,强势群体采取强硬策略  $T$  的比例随时间的变化率  $\dot{p}$  与采取该策略获得的收益和平均收益之差成正比,可得

$$\begin{aligned} \dot{p} &= (\Pi_T - \Pi_H) p \\ &= (\Pi_T - \Pi_C) p (1-p) \\ &= p(1-p) [(-c_g - \gamma - \delta + \Delta U) + (\gamma + \omega) q] \end{aligned} \quad (8)$$

其中,  $\dot{p}$  为强势群体采取强硬策略  $T$  的比例随时间的变化率。

#### 4.2 弱势群体复制动态方程和均衡分析

弱势群体采取合作策略  $S$  的期望收益  $\Pi_S$  和抗争策略  $F$  的期望收益  $\Pi_F$  分别为

$$\begin{aligned} \Pi_S &= \Psi_D^{TS} p + \Psi_D^{CS} (1-p) \\ &= (V + \gamma - \Delta U) p + V(1-p) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\Pi_F = \Psi_D^{TF} p + \Psi_D^{CF} (1-p)$$

$$= (V - c_p - \omega - \Delta U + \Delta V)p + (V - c_p + \Delta V)(1 - p) \quad (10)$$

则弱势群体的平均收益  $\Pi_D$  为

$$\Pi_D = \Pi_F q + \Pi_S(1 - q) \quad (11)$$

根据 Malthusian 方程, 弱势群体采取强硬策略  $F$  的比例随时间的变化率  $\dot{q}$  与采取该策略获得的收益和平均收益之差成正比, 可得

$$\begin{aligned} \dot{q} &= (\Pi_F - \Pi_D)q \\ &= (\Pi_F - \Pi_S)q(1 - q) \\ &= q(1 - q)[(-c_p + \Delta V) - (\omega + \gamma)p] \end{aligned} \quad (12)$$

其中,  $\dot{q}$  为弱势群体采取抗争策略  $F$  的比例随时间的变化率。

### 4.3 群体混合策略稳定性分析

由 (8) 式和 (12) 式可以得到一个强势群体与弱势群体构成的二维动力系统 (I), 即

$$\begin{cases} \dot{p} = p(1 - p)[(-c_g - \gamma - \delta + \Delta U) + (\gamma + \omega)q] \\ \dot{q} = q(1 - q)[(-c_p + \Delta V) - (\omega + \gamma)p] \end{cases} \quad (13)$$

依据 FRIEDMAN<sup>[30]</sup> 提出的方法, 二维动力系统平衡点的稳定性是由两个群体组成的二维动力系统的雅克比矩阵局部稳定性分析得到, 系统 (I) 的雅克比矩阵为

$$\begin{aligned} J &= \begin{bmatrix} \frac{\partial \dot{p}}{\partial p} & \frac{\partial \dot{p}}{\partial q} \\ \frac{\partial \dot{q}}{\partial p} & \frac{\partial \dot{q}}{\partial q} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (1 - 2p)[(-c_g - \gamma - \delta + \Delta U) + (\gamma + \omega)q] & p(1 - p)(\gamma + \omega) \\ q(1 - q)(-\omega - \gamma) & (1 - 2q)[(-c_p + \Delta V) - (\omega + \gamma)p] \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (14)$$

计算矩阵  $J$  在  $(0, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(1, 1)$  和  $(p^*, q^*)$  这 5 个点的行列式和迹的值及符号。其中  $(0, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(1, 1)$  这 4 个点为群体采取纯策略的平衡点。 $(0, 0)$  表示强势群体选择强硬策略的比例为 0, 选择合作策略; 弱势群体选择抗争策略的比例为 0, 选择合作策略。 $(0, 1)$  表示强势群体选择强硬策略的比例为 0, 选择合作策略; 弱势群体选择抗争策略的比例为 1, 选择抗争策略。 $(1, 0)$  表示强势群体选择强硬策略的比例为 1, 选择强硬策略; 弱势群体选择抗争策略的比例为 0, 选择合作策略。 $(1, 1)$  表示强势群体选择强硬策略的比例为 1, 选择强硬策略; 弱势群体选择抗争策略的比例为 1, 选择抗争策略。 $(p^*, q^*)$  为群体采取混合策略的平衡点,  $p^* = \frac{-c_p + \Delta V}{\omega + \gamma}$ ,  $q^* = \frac{c_g + \gamma + \delta - \Delta U}{\gamma + \omega}$ 。由此判断系统 (I) 的局部稳定性。

定理 1 ① 当  $c_g + \delta - \Delta U > \omega$  且  $-c_p + \Delta V < 0$  时, 系统 (I) 存在唯一的演化稳定策略, 即  $(0, 0)$ ; ② 当  $c_g + \gamma + \delta < \Delta U$  且  $-c_p + \Delta V < 0$  时, 系统 (I) 存在两个演化稳定策略, 即  $(0, 1)$  和  $(1, 0)$ ; ③ 当  $c_g + \gamma + \delta < \Delta U$  且  $c_p + \gamma$

+  $\omega < \Delta V$  时, 系统 (I) 存在唯一演化稳定策略, 即  $(1, 1)$ 。

证明: 见附录定理 1 证明。

定理 1 表明, 强势群体采取强硬策略的直接动机是凭借其占有的社会资源优势, 维护其获得的较高利益; 而利益受损的弱势群体采取抗争策略是通过斗争挽回自身受损害的利益, 进而获得更高的收益。当强势群体因采取强硬策略的成本和由此造成的信誉损失较大时, 为了避免政府公信力等受到影响而选择合作策略; 当弱势群体抗争成本过高、因抗争付出的代价太大时会选择合作策略。

## 5 上级政府惩罚机制下的群体演化博弈模型

为促进强势群体与弱势群体双方采取合作策略, 避免双方发生冲突, 上级政府可通过引入惩罚机制进行控制。假设上级政府对采取强硬策略  $T$  的强势群体和采取抗争策略  $F$  的弱势群体均给予惩罚  $W$ 。在两群体重复博弈中, 其博弈的二维矩阵见表 2。

表 2 上级政府惩罚机制下群体博弈矩阵  
Table 2 Group Game Matrix under Higher Levels of Government's Punishment Mechanism

强势群体 $H$	弱势群体 $D$	
	合作策略 $S$	抗争策略 $F$
合作策略 $C$	$\Psi_H^{CS}, \Psi_D^{CS}$	$\Psi_H^{CF}, \Psi_D^{CF} - W$
强硬策略 $T$	$\Psi_H^{TS} - W, \Psi_D^{TS}$	$\Psi_H^{TF} - W, \Psi_D^{TF} - W$

### 5.1 上级政府惩罚机制下强势群体复制动态方程

与 (8) 式同理, 可以得到强势群体的演化博弈复制动态方程为

$$\begin{aligned} \dot{p} &= (\Pi_T - \Pi_H)p \\ &= (\Pi_T - \Pi_C)p(1 - p) \\ &= p(1 - p)[(\Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS} - W)(1 - q) + (\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)q] \end{aligned} \quad (15)$$

### 5.2 上级政府惩罚机制下弱势群体复制动态方程

与 (12) 式同理可以得到弱势群体的演化博弈复制动态方程为

$$\begin{aligned} \dot{q} &= (\Pi_F - \Pi_D)q \\ &= (\Pi_F - \Pi_S)q(1 - q) \\ &= q(1 - q)[(\Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS} - W)(1 - p) + (\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)p] \end{aligned} \quad (16)$$

### 5.3 上级政府惩罚机制下群体混合策略稳定性分析

由 (15) 式和 (16) 式可以得到一个强势群体与弱势群体构成的二维动力系统 (II), 即

$$\begin{cases} \dot{p} = p(1 - p)[(\Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS} - W)(1 - q) + (\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)q] \\ \dot{q} = q(1 - q)[(\Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS} - W)(1 - p) + (\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)p] \end{cases} \quad (17)$$

同理,依据 FRIEDMAN<sup>[30]</sup>提出的方法,系统(II)的雅克比矩阵为

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial \dot{p}}{\partial p} & \frac{\partial \dot{p}}{\partial q} \\ \frac{\partial \dot{q}}{\partial p} & \frac{\partial \dot{q}}{\partial q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2p)[(\Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS} - W) \cdot & p(1-p)(\Psi_H^{TF} - \\ (1-q) + (\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)q] & \Psi_H^{CF} - \Psi_H^{TS} + \Psi_H^{CS}) \\ q(1-q)(\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - & (1-2q)[(\Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS} - W) \cdot \\ \Psi_D^{CF} + \Psi_D^{CS}) & (1-p) + (\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)p] \end{bmatrix} \quad (18)$$

依据(18)式得到该二维动力系统(II)的行列式和迹分别为

$$\det J = (1-2p)[(\Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS} - W)(1-q) + (\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)q](1-2q)[(\Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS} - W)(1-p) + (\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)p] - q(1-q)(\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - \Psi_D^{CF} + \Psi_D^{CS}) \cdot p(1-p)(\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - \Psi_H^{TS} + \Psi_H^{CS}) \quad (19)$$

$$\text{tr } J = (1-2p)[(\Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS} - W)(1-q) + (\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)q] + (1-2q)[(\Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS} - W)(1-p) + (\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)p] \quad (20)$$

计算矩阵  $J$  在  $(0,0)$ 、 $(0,1)$ 、 $(1,0)$ 、 $(1,1)$  和  $(p^*, q^*)$  5个平衡点的行列式  $\det J$  和迹  $\text{tr } J$  的值和符号,  $p^* = \frac{-\Psi_D^{CF} + \Psi_D^{CS} + W}{\Psi_D^{CS} + \Psi_D^{TF} - \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{TS}}$ ,  $q^* = \frac{-\Psi_H^{TS} + \Psi_H^{CS} + W}{\Psi_H^{TF} + \Psi_H^{CS} - \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CF}}$ , 由此判断该二维动力系统的局部稳定性。

定理2 当  $W$  满足条件  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$  且  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$  时,系统(II)存在唯一的演化稳定策略,即  $(0,0)$ 。

证明:见附录定理2证明。

定理2表明,当上级政府惩罚力度高于强势群体采取强硬策略获得的收益与其行动成本、信誉损失成本和对弱势群体补偿成本之差,且同时高于弱势群体采取抗争策略获得收益与其行动成本之差时,能够有效地促使这两个群体最终选择合作策略,放弃强硬策略和对抗策略。这为上级政府引导强势群体与弱势群体通过协商的方式解决矛盾冲突提供了理论指导依据。

### 6 情景推演仿真分析

假设在城市拆迁过程中参与群体包括开发商(强势群体)和被拆迁住户(弱势群体),强势群体拆迁后能获得收益  $U, U=20$ , 弱势群体获得收益  $V, V=18$ 。情景分析是对事件的不同演化状态进行探讨,模拟两类异质性群体在不同情景下的演化过程。通过时间  $Time$  的变化进行情景推演模拟,观察两类异质性群体随时间变动对两类群体策略演化的影响。由于(合作,合作)策略和(强硬,抗争)策略是群体决策的两个重要方面,尤其采取(强硬,抗争)策略容易造成强势群体与弱势群体双方发生冲突,进而引发群体性突发事件。因此,本研究重点对这两个策略的演化过程进行情景仿真分析。

### 6.1 情景1:上级政府未惩罚下的强势群体与弱势群体策略演化

#### 6.1.1 强势群体与弱势群体采取(合作,合作)策略演化

本研究模型参数取值分别为  $\Delta U=7, \delta=6, \gamma=2, \omega=3, \Delta l=3, \Delta V=3$ 。强势群体和弱势群体采取策略行动的成本分别为  $c_g=5$  和  $c_p=5$ , 强势群体采取强硬策略的初始比例  $p_0$  分别取值为  $0.3, 0.5$  和  $0.8$ , 弱势群体采取抗争策略的初始比例  $q_0$  分别取值为  $0.3, 0.5$  和  $0.8$ ,  $Time$  取值为  $[0, 100]$ , 仿真过程见图1和图2。

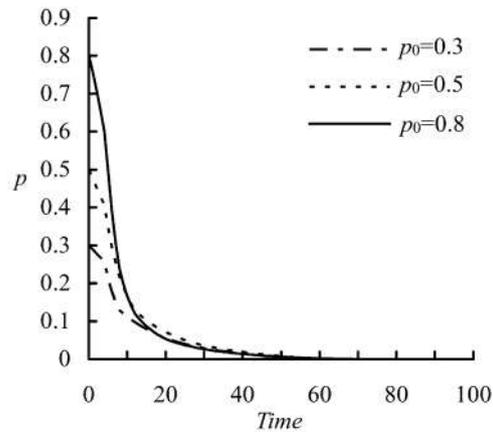


图1 强势群体采取合作策略演化过程  
Figure 1 Cooperative Strategy Evolutionary Process of Powerful Group

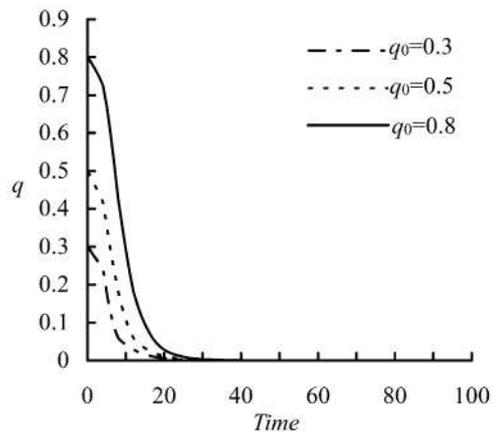


图2 弱势群体采取合作策略演化过程  
Figure 2 Cooperative Strategy Evolutionary Process of Vulnerable Group

(1)当满足定理1条件①  $c_g + \delta - \Delta U > \omega$  且  $-c_p + \Delta V < 0$ , 即强势群体采取强硬策略的成本与信誉损失成本之和超过其获得的收益及对采取抗争策略的弱势群体惩罚成本之和, 并且弱势群体通过抗争获得的收益小于其采取抗争策略的成本时, 两个异质群体将最终选择(合作,合作)策略。表明通过降低强势群体采取强硬策略获得的收益, 同时增加信誉损失成本, 会迫使强势群体采取协调的方式解决矛盾冲突; 降低弱势群体通过抗争获得的期望收益, 为

为了避免抗争付出的成本代价过高,弱势群体最终会采取合作策略。

(2)由图1可知,随着强势群体初始比例 $p_0$ 增大,强势群体演化至均衡策略时间也增大。对于强势群体,当其策略选择初始比例 $p_0$ 超过0.5时,演化至均衡策略时间变化不再显著。由图2可知,随着弱势群体初始比例 $q_0$ 增大,弱势群体演化至均衡策略时间也增大。对比图1和图2可以发现,两个异质群体在初始状态策略选择比例相同情况下,弱势群体均比强势群体更快演化至均衡策略。这说明群体中采取合作策略的比例较高时,由于群体中个体间具有相互模仿的从众心理,会更倾向于采用协商的方式,进而大大降低了群体性突发事件爆发的机率。

### 6.1.2 强势群体与弱势群体采取(强硬,抗争)策略演化

模型参数取值分别为 $\Delta U = 15, \delta = 6, \gamma = 2, \omega = 3, \Delta l = 3, \Delta V = 9$ 。强势群体和弱势群体采取策略行动的成本分别为 $c_g = 5$ 和 $c_p = 3$ ,强势群体采取强硬策略的初始比例 $p_0$ 分别取值为0.3, 0.5和0.8,弱势群体采取抗争策略的初始比例 $q_0$ 分别取值为0.3, 0.5和0.8, Time取值 $[0, 100]$ ,仿真过程见图3和图4。

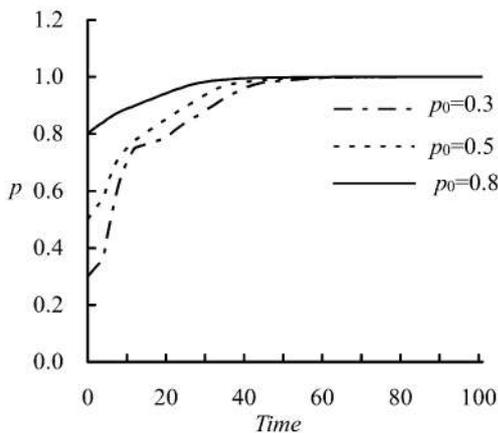


图3 强势群体采取强硬策略演化过程  
Figure 3 Tough Strategy Evolutionary Process of Powerful Group

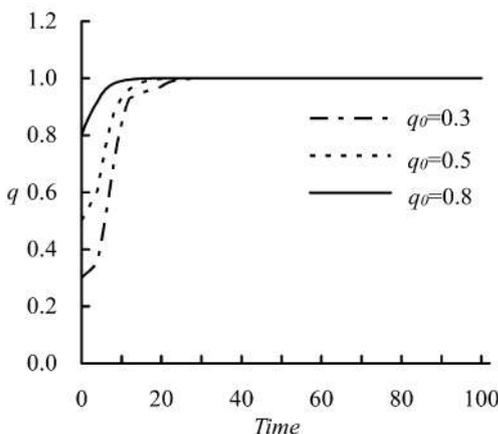


图4 弱势群体采取抗争策略演化过程  
Figure 4 Struggle Strategy Evolutionary Process of Vulnerable Group

(1)当满足定理1条件③ $c_g + \gamma + \delta < \Delta U$ 且 $c_p + \gamma + \omega < \Delta V$ ,即强势群体采取强硬策略的收益超过其行动成本、信誉损失与提供补偿成本之和,且弱势群体通过抗争获得收益超过其行动成本、获得补偿和支付惩罚成本之和时,两个异质群体都会放弃合作策略,将最终选择(强硬,抗争)策略。表明促使强势群体采取强硬策略的原因是其获得的较高收益;对于弱势群体,因其自身利益受损,为了争取更高的利益而采取抗争策略。

(2)由图3可知,随着强势群体初始比例 $p_0$ 增大,强势群体演化至均衡策略时间减小。由图4可知,随着弱势群体初始比例 $q_0$ 增大,弱势群体演化至均衡策略时间减小。对比图3和图4可以发现,两个异质群体在初始状态策略选择比例相同情况下,弱势群体均比强势群体更快演化至均衡策略。说明群体中采取强硬抗争策略的比例过高时,群体性突发事件爆发的机率也越大。相对于强势群体,弱势群体更容易通过暴力抗争这种策略表达其自身的利益诉求,放弃理性合作的策略。

(3)综合上述情景推演仿真结果可以发现,两个异质群体策略演化速度与策略选择初始比例有直接关系。当选择(合作,合作)策略,强势群体与弱势群体随着初始比例 $p_0$ 和 $q_0$ 增大,其演化至均衡策略时间增大;当选择(强硬,抗争)策略,强势群体与弱势群体随着初始比例 $p_0$ 和 $q_0$ 增大,其演化至均衡策略时间减小。两个异质群体在初始状态选择策略比例相同情况下,弱势群体均比强势群体更快演化至均衡策略。

### 6.2 情景2:上级政府惩罚下的强势群体与弱势群体策略演化

模型参数取值分别为 $\Delta U = 22, \delta = 6, \gamma = 2, \omega = 3, \Delta l = 3, \Delta V = 19$ 。强势群体和弱势群体采取策略行动成本分别为 $c_g = 5$ 和 $c_p = 5$ ,惩罚 $W$ 分别取值为15、20和25,分析随着惩罚力度增大对强势群体和弱势群体策略演化的不同影响。强势群体采取强硬策略的初始比例和弱势群体选择抗争策略的初始比例均取值为0.5。Time取值为 $[0, 150]$ ,仿真过程见图5和图6。

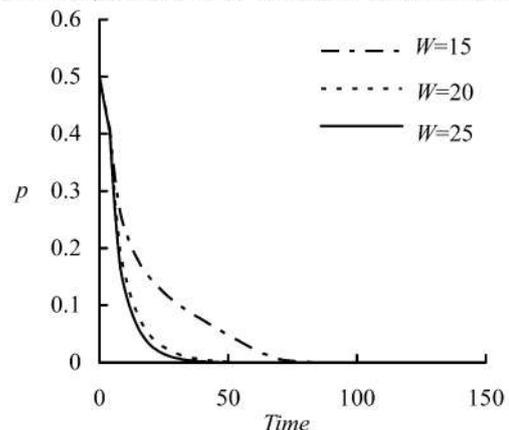


图5 W值为15、20、25时强势群体策略选择演化过程  
Figure 5 Strategy Selection Evolutionary Process of Powerful Group When  $W = 15, 20, 25$

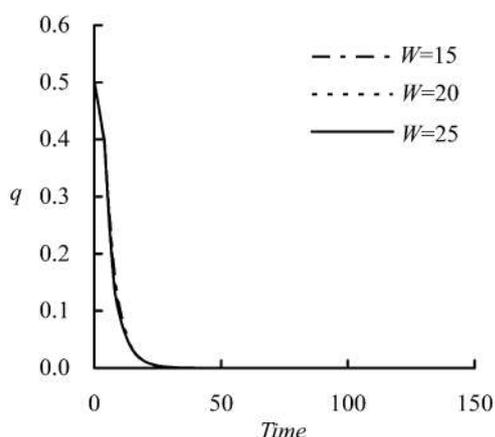


图6  $W$ 值为15、20、25时弱势群体策略选择演化过程  
Figure 6 Strategy Selection Evolutionary Process of Vulnerable Group When  $W = 15, 20, 25$

由图5可知,当惩罚 $W$ 从15增大到20时,强势群体演化至均衡策略的时间显著减小。表明随着惩罚力度增大,对强势群体策略演化影响显著,会有效地促使强势群体更快放弃强硬策略,选择合作策略。由图6可知,随着 $W$ 取值增大,弱势群体演化至均衡策略的时间并未变化。表明随着惩罚力度增大,对弱势群体策略演化影响并不显著。

上级政府惩罚力度增大对强势群体和弱势群体策略演化影响的情景仿真结果表明,与弱势群体相比,由于强势群体考虑到自身公信力等信誉和政绩方面的影响,为了避免上级政府高惩罚带来的负面影响和损失,降低事件对其公信力形象的不利影响,强势群体会更快地选择合作策略。而弱势群体处于社会弱势地位,其考虑行为策略较为单一,在惩罚高于其获得的收益时,就会放弃抗争策略,即使随着惩罚力度增大弱势群体仍会维持原来的策略选择过程,所以高惩罚对其策略演化影响并不显著。

## 7 结论

本研究针对群体性突发事件中不同社会群体的利益博弈问题,基于演化博弈理论研究群体性突发事件中强势群体和弱势群体两类异质群体策略选择的演化过程,建立未引入上级政府惩罚机制和引入上级政府惩罚机制两种情景下的群体性突发事件演化博弈模型,对比分析强势群体与弱势群体行为策略的演化稳定均衡,并基于数值仿真对模型进行情景推演模拟,结合情景仿真结果得到以下研究结论。强势群体在与弱势群体进行利益博弈时,当其通过强硬策略获取较大利益时,受到利益的驱使容易采取强硬策略,当强势群体采取强硬策略成本和信誉损失较大时,则会放弃强硬策略;当群体中采取强硬-抗争策略比例较大时,容易造成群体暴力冲突事件;在引入上级政府惩罚机制情景下,发现当上级政府惩罚力度在满足一定条件时能够促使强势群体和

弱势群体最终都放弃强硬对抗,随着惩罚力度加大,相对于弱势群体,强势群体会更快地选择合作策略。针对上述研究结果,本研究提出如下对策建议。

(1)与盛济川等<sup>[22]</sup>提出基层政府等强势群体只因为采取强硬策略成本较大放弃强硬策略的研究结论不同,本研究得到的结果为引导强势群体放弃强硬策略、采取合作策略提供了理论依据。通过加强对基层政府等弱势群体的信誉公信力等考核,促使其尽量避免采取强硬策略造成的政府公信力下降,并积极与弱势群体采取协商沟通的方式,重视其利益诉求。同时,应提高对采取合作策略的弱势群体奖励,并对采取打砸等暴力行为的群体加大惩罚力度,保障弱势群体的合法利益。

(2)在群体性突发事件发生初期,应该尽量降低群体中强硬-抗争意向的群体比例,避免出现羊群效应<sup>[31-32]</sup>。对群体中强硬-抗争意向的个体进行沟通和劝阻,通过谈判、合作的方式解决群体间的矛盾。由于弱势群体掌握资源相对较少,且处于弱势地位,表达利益诉求的渠道较少,因此更容易采取极端方式表达其诉求。政府必须着眼于日常公共管理中机制和体制的不断完善和改革,拓宽弱势群体的利益表达渠道,保持诉求渠道的畅通,避免群体负面情绪的积聚导致暴力事件的进一步升级恶化。

(3)上级政府在对强势群体制定相应惩罚机制时,应适度地提高惩罚力度,包括加大对其公信力形象、预警能力、现场处理能力、信息沟通能力等方面的考察力度,促使其进一步改进工作作风,提高解决矛盾问题的能力,维护社会的和谐稳定。

本模型仍存在一些不足,如模型中没有考虑不同社会网络的拓扑结构。现实的社会网络结构多表现为小世界网络、无标度网络等复杂网络特性,社会网络的拓扑结构会对个体的行为策略产生显著影响<sup>[33-35]</sup>。因此,后续研究将进一步探讨不同社会网络结构下群体性突发事件的演化机理问题。

## 参考文献:

- [1] DAHRENDORF R. Class and class conflict in industrial society [M]. Bloomington, CA: Stanford University Press, 1959:54.
- [2] KERSTEN A, SIDKY M. Re-aligning rationality: Crisis management and prisoner abuses in Iraq [J]. Public Relations Review, 2005, 31(4):471-478.
- [3] 刘德海. 群体性突发事件中政府机会主义行为的演化博弈分析 [J]. 中国管理科学, 2010, 18(1): 175-183.  
LIU Dehai. Evolutionary game analysis of governmental opportunism behavior in unexpected incidents involving mass participation [J]. Chinese Journal of Management Science, 2010, 18(1): 175-183. (in Chinese)
- [4] PARK R E, BURGESS E W. Introduction to the science of sociology [M]. Chicago, IL: The University

- of Chicago Press, 1921:24.
- [5] LE BON G. The crowd: A study of the popular mind [M]. New York: Macmillan, 1895:73.
- [6] KUKLAN H. Perception and organizational crisis management[J]. Theory and Decision, 1988, 25(3):259-274.
- [7] JOHANSEN W, AGGERHOLM H K, FRANSEN F. Entering new territory: A study of internal crisis management and crisis communication in organizations[J]. Public Relations Review, 2012, 38(2):270-279.
- [8] BETHWAITE J, TOMPKINSON P. The ultimatum game and non-selfish utility functions[J]. Journal of Economic Psychology, 1996, 17(2):259-271.
- [9] ROSENTHAL U, BOIN R A, COMFORT L K. Managing crises: Threats, dilemmas, opportunities [M]. Springfield, IL: Charles C Thomas Publisher Ltd, 2001:43.
- [10] GANI A, CLEMES M D. Aid type and its relationship with human well being [J]. International Journal of Social Economics, 2003, 30(6):666-678.
- [11] AYOKO O B, HÄRTEL C E J. Cultural diversity and leadership: A conceptual model of leader intervention in conflict events in culturally heterogeneous workgroups [J]. Cross Cultural Management, 2006, 13(4):345-360.
- [12] MOTSOALEDI L, CILLIERS F. Executive coaching in diversity from the systems psychodynamic perspective: Original research [J]. SA Journal of Industrial Psychology, 2012, 38(2):1-11.
- [13] 罗成琳, 李向阳. 突发性群体事件及其演化机理分析 [J]. 中国软科学, 2009(6):163-171, 177.  
LUO Chenglin, LI Xiangyang. Analysis on mass emergency and its evolutive mechanism [J]. China Soft Science, 2009(6):163-171, 177. (in Chinese)
- [14] BORCH C. Crowd theory and the management of crowds: A controversial relationship [J]. Current Sociology, 2013, 61(5/6):584-601.
- [15] SCHULTZ F, UTZ S, GORITZ A. Is the medium the message? Perceptions of and reactions to crisis communication via twitter, blogs and traditional media [J]. Public Relations Review, 2011, 37(1):20-27.
- [16] SCHWARZ A. How publics use social media to respond to blame games in crisis communication: The love parade tragedy in Duisburg 2010 [J]. Public Relations Review, 2012, 38(3):430-437.
- [17] 徐寅峰, 刘德海. 群体性突发事件产生根源的主观博弈分析 [J]. 预测, 2004, 23(6):43-45, 9.  
XU Yinfeng, LIU Dehai. The subjective game analysis for the root of mass unexpected incident [J]. Forecasting, 2004, 23(6):43-45, 9. (in Chinese)
- [18] LO S M, HUANG H C, WANG P, et al. A game theory based exit selection model for evacuation [J]. Fire Safety Journal, 2006, 41(5):364-369.
- [19] 孙康, 廖貅武. 群体性突发事件的演化博弈分析: 以辽东湾海蜇捕捞为例 [J]. 系统工程, 2006, 24(11):59-62.  
SUN Kang, LIAO Xiuwu. An evolutionary game model for mass unexpected incident-about the rhopiloma esculentu capture [J]. Systems Engineering, 2006, 24(11):59-62. (in Chinese)
- [20] 刘德海, 陈静锋. 环境群体性事件“信息-权利”协同演化的仿真分析 [J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(12):3157-3166  
LIU Dehai, CHEN Jingfeng. Information-right co-evolutionary simulation analysis of mass emergency derived from environmental pollution [J]. Systems Engineering - Theory & Practice, 2014, 34(12):3157-3166. (in Chinese)
- [21] LIU D, WANG W. How to analyze a type of game problem between dissymmetrical players? [C] // Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation. Dalian: School of Mathematics & Quantitative, 2008:6192-6196.
- [22] 盛济川, 施国庆, 尚凯. 水电移民群体性突发事件的演化博弈分析 [J]. 统计与决策, 2009(13):60-62.  
SHENG Jichuan, SHI Guoqing, SHANG Kai. Evolutionary game analysis of mass emergency derived from hydropower immigration [J]. Statistics & Decision, 2009(13):60-62. (in Chinese)
- [23] 刘德海. 群体性突发事件发生机理的多阶段动态博弈模型分析 [J]. 运筹与管理, 2011, 20(2):82-88.  
LIU Dehai. Multi-phase dynamic game analysis of the root of unexpected incidents involving mass participation [J]. Operations Research and Management Science, 2011, 20(2):82-88. (in Chinese)
- [24] 吴雪芹, 王宏波. 农民群体性事件动态演化过程分析 [J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2013, 13(1):28-33.  
WU Xueqin, WANG Hongbo. Analysis of dynamic evolution game model in the farmers group events [J]. Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition, 2013, 13(1):28-33. (in Chinese)
- [25] LIU D, WANG W, LI H. Evolutionary mechanism and information supervision of public opinions in internet emergency [J]. Procedia Computer Science, 2013, 17:973-980.
- [26] 刘德海. 环境污染群体性突发事件的协同演化机制: 基于信息传播和权利博弈的视角 [J]. 公共管理学报, 2013, 10(4):102-113.  
LIU Dehai. Co-evolutionary mechanism of mass emergency derived from environmental pollution: Based

on the viewpoint of information shortage and right absence [ J ]. Journal of Public Management , 2013 , 10 ( 4 ) : 102-113. ( in Chinese )

[ 27 ] WU D , ZHOU L , CAI Y , HU R Q , et al. Energy-aware dynamic cooperative strategy selection for relay-assisted cellular networks : An evolutionary game approach [ J ]. IEEE Transactions on Vehicular Technology , 2014 , 63 ( 9 ) : 4659-4669.

[ 28 ] LIU D , XIAO X , LI H , et al. Historical evolution and benefit-cost explanation of periodical fluctuation in coal mine safety supervision : An evolutionary game analysis framework [ J ]. European Journal of Operational Research , 2015 , 243 ( 3 ) : 974-984.

[ 29 ] ANASTASOPOULOS N P , ANASTASOPOULOS M P. The evolutionary dynamics of audit [ J ]. European Journal of Operational Research , 2012 , 216 ( 2 ) : 469-476.

[ 30 ] FRIEDMAN D. Evolutionary games in economics [ J ]. Econometrica , 1991 , 59 ( 3 ) : 637-666.

[ 31 ] WEVER S , AADLAND D. Herd behaviour and underdogs in the NFL [ J ]. Applied Economics Letters , 2012 , 19 ( 1 ) : 93-97.

[ 32 ] CAKAN E , BALAGYOZYAN A. Herd behaviour in the Turkish banking sector [ J ]. Applied Economics Letters , 2014 , 21 ( 2 ) : 75-79.

[ 33 ] RAND D G , NOWAK M A , FOWLER J H , et al. Static network structure can stabilize human cooperation [ J ]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America , 2014 , 111 ( 48 ) : 17093-17098.

[ 34 ] PERC M , GÓMEZ-GARDEÑES J , SZOLNOKI A , et al. Evolutionary dynamics of group interactions on structured populations : A review [ J ]. Journal of the Royal Society Interface , 2013 , 10 ( 80 ) : 20120997.

[ 35 ] APICELLA C L , MARLOWE F W , FOWLER J H , et al. Social networks and cooperation in hunter-gatherers [ J ]. Nature , 2012 , 481 ( 7382 ) : 497-501.

附录

**定理 1 证明:** 首先计算出各点处的行列式和迹, 见附表 1。

针对附表 1, 当满足条件①  $c_g + \delta - \Delta U > \omega$  且  $-c_p + \Delta V < 0$  时, 对均衡点进行稳定性分析, 结果见附表 2。

由附表 2 可知, 系统 ( I ) 存在唯一演化稳定点 ( 0, 0 )、一个不稳定点 ( 1, 1 ) 和两个鞍点 ( 0, 1 )、( 1, 0 ), 即不管系统 ( I ) 初始处于何种状态, 最终都会演化至稳定点 ( 0, 0 ), 表示强势群体和弱势群体这两个群体最终的演化均衡策略是 ( 合作, 合作 )。

当满足条件②  $c_g + \gamma + \delta < \Delta U$  且  $-c_p + \Delta V < 0$  时, 对均衡点进行稳定性分析, 结果见附表 3。

由附表 3 可知, 系统 ( I ) 存在两个演化稳定点 ( 0, 1 )、( 1, 0 ) 和两个鞍点 ( 0, 0 )、( 1, 1 )。其演化相图见附图 1, 从附图 1 可知, 左上方 OABQ 部分将收敛至演化稳定策略 ( 合作, 抗争 ), 而右下方 OCBQ 部分会收敛至演化稳定策略 ( 强硬, 合作 ), 即这两种演化稳定策略并存, 其最终演化结果是由两个群体所处的初始状态决定。

当满足条件③  $c_g + \gamma + \delta < \Delta U$  且  $c_p + \gamma + \omega < \Delta V$  时, 对均衡点进行稳定性分析, 结果见附表 4。

附表 1 行列式和迹  
Appendix Table 1 Determinant and Trace

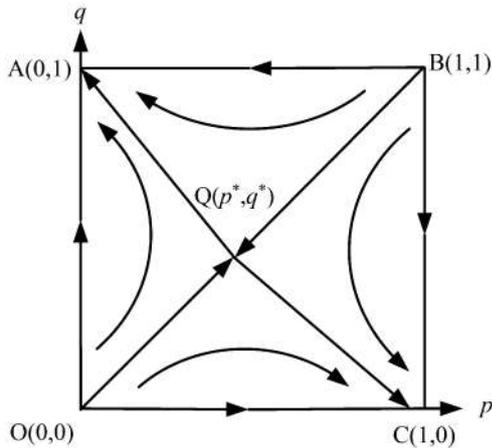
$(p, q)$	$\det J$	$\text{tr } J$
(0, 0)	$(-c_g - \gamma - \delta + \Delta U)(-c_p + \Delta V)$	$(-c_g - \gamma - \delta + \Delta U) + (-c_p + \Delta V)$
(0, 1)	$(-c_g - \delta + \Delta U + \omega)(c_p - \Delta V)$	$(-c_g - \gamma + \Delta U + \omega) + (c_p - \Delta V)$
(1, 0)	$(c_g + \gamma + \delta - \Delta U)(-c_p + \Delta V - \omega - \gamma)$	$(c_g + \gamma + \delta - \Delta U) + (-c_p + \Delta V - \omega - \gamma)$
(1, 1)	$(c_g + \delta - \Delta U - \omega)(c_p - \Delta V + \omega + \gamma)$	$(c_g + \delta - \Delta U - \omega) + (c_p - \Delta V + \omega + \gamma)$
$(p^*, q^*)$	$\frac{(-c_p + \Delta V)(c_g + \gamma + \delta - \Delta U)(\omega + \gamma + c_p - \Delta V)(\gamma + \omega - c_g - \gamma - \delta + \Delta U)}{(\gamma + \omega)^2}$	0

**附表 2 条件 ① 时系统 (I) 平衡点及局部稳定性**  
Appendix Table 2 System (I) Equilibrium and Local Stability When Condition ①

$(p, q)$	$\det J$	$\text{tr } J$	结果
$(0, 0)$	+	-	稳定点
$(0, 1)$	-	+, -	鞍点
$(1, 0)$	-	+, -	鞍点
$(1, 1)$	+	+	不稳定点
$(p^*, q^*)$	不是平衡点		

**附表 3 条件 ② 时系统 (I) 平衡点及局部稳定性**  
Appendix Table 3 System (I) Equilibrium and Local Stability When Condition ②

$(p, q)$	$\det J$	$\text{tr } J$	结果
$(0, 0)$	+	+, -	鞍点
$(0, 1)$	+	-	稳定点
$(1, 0)$	+	-	稳定点
$(1, 1)$	+	+, -	鞍点
$(p^*, q^*)$	不是平衡点		



**附图 1 条件 ② 时系统 (I) 演化动态相图**  
Appendix Figure 1 System (I) Dynamic Evolutionary Graph When Condition ②

由附表 4 可知, 系统 (I) 存在唯一演化稳定点  $(1, 1)$ 、一个不稳定点  $(0, 0)$  和两个鞍点  $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 。即不管系统 (I) 初始处于何种状态, 最终都会演化至稳定点  $(1, 1)$ 。

**附表 4 条件 ③ 时系统 (I) 平衡点及局部稳定性**  
Appendix Table 4 System (I) Equilibrium and Local Stability When Condition ③

$(p, q)$	$\det J$	$\text{tr } J$	结果
$(0, 0)$	+	+	不稳定点
$(0, 1)$	+	+, -	鞍点
$(1, 0)$	+	+, -	鞍点
$(1, 1)$	+	-	稳定点
$(p^*, q^*)$	不是平衡点		

**定理 2 证明:** 对平衡点  $(0, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(1, 1)$  和  $(p^*, q^*)$  这 5 个点分别进行判定讨论。

(1)  $(0, 0)$  是系统 (II) 稳定的充要条件是满足  $\det J > 0$  且  $\text{tr } J < 0$ , 即  $\det J = (\Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS} - W)(\Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS} - W) > 0$  且  $\text{tr } J = (\Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS} - W) + (\Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS} - W) < 0$ , 即可以得到  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$  且  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$ 。

(2) 在平衡点  $(0, 1)$  处, 行列式  $\det J = (\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)(\Psi_D^{CS} - \Psi_D^{CF} + W)$ , 迹  $\text{tr } J = (\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W) + (\Psi_D^{CS} - \Psi_D^{CF} + W)$ 。

当  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$ , 此时  $\Psi_D^{CS} - \Psi_D^{CF} + W > 0$ ;

当  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$  时, 即将  $\Psi_H^{TS} = U - c_g - \gamma - \delta + \Delta U$  和  $\Psi_H^{CS} = U$  代入  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$ , 可得  $-c_g - \gamma - \delta + \Delta U - W < 0$ 。同理对  $(\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)$  进行变换, 可得  $\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W = -c_g - \delta + \omega + \Delta U - W$ 。依据条件  $-c_g - \gamma - \delta + \Delta U - W < 0$ , 可以得出  $-c_g - \delta + \omega + \Delta U - W < -\omega - \gamma < 0$ , 即  $\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W < 0$ 。

由于  $\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W < 0$ ,  $\Psi_D^{CS} - \Psi_D^{CF} + W > 0$ , 此时  $\det J < 0$ , 不满足系统演化稳定策略条件,  $(0, 1)$  不是系统 (II) 的稳定点。

(3) 在平衡点  $(1, 0)$  处, 行列式  $\det J = (\Psi_H^{CS} - \Psi_H^{TS} + W)(\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)$ , 迹  $\text{tr } J = (\Psi_H^{CS} - \Psi_H^{TS} + W) + (\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)$ 。

当  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$ , 此时  $\Psi_H^{CS} - \Psi_H^{TS} + W > 0$ ;

当  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$  时, 即将  $\Psi_D^{CF} = V - c_p + \Delta V$  和  $\Psi_D^{CS} = V$  代入  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$ , 可得  $-c_p + \Delta V - W < 0$ 。同理对  $(\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)$  进行变换, 可得  $\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W = -c_p - \gamma - \omega + \Delta V - W$ 。依据条件  $-c_p + \Delta V - W < 0$ , 可得  $-c_p - \gamma - \omega + \Delta V - W < -\omega - \gamma < 0$ , 即  $\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W < 0$ 。

由于  $\Psi_H^{CS} - \Psi_H^{TS} + W > 0$ ,  $\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W < 0$ , 此时  $\det J < 0$ , 不满足系统演化稳定策略条件,  $(1, 0)$  不是系统 (II) 的稳定点。

(4) 在平衡点  $(1, 1)$  处, 行列式  $\det J = (\Psi_H^{CF} - \Psi_H^{TF} + W)(\Psi_D^{TS} - \Psi_D^{TF} + W)$ , 迹  $\text{tr } J = (\Psi_H^{CF} - \Psi_H^{TF} + W) + (\Psi_D^{TS} - \Psi_D^{TF} + W) = -(\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W) - (\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)$ 。

当  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$  时, 即将  $\Psi_H^{TS} = U - c_g - \gamma - \delta + \Delta U$  和  $\Psi_H^{CS} = U$  代入  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$ , 可得  $-c_g - \gamma - \delta + \Delta U - W < 0$ 。

0。同理对  $(\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W)$  进行变换,可得  $\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W = -c_g - \delta + \omega + \Delta U - W$ 。依据条件  $-c_g - \gamma - \delta + \Delta U - W < 0$ ,可得  $-c_g - \delta + \omega + \Delta U - W < -\omega - \gamma < 0$ ,即  $\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W < 0$ ;

当  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$  时,即将  $\Psi_D^{CF} = V - c_p + \Delta V$  和  $\Psi_D^{CS} = V$  代入  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$ ,可得  $-c_p + \Delta V - W < 0$ 。同理对  $(\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W)$  进行变换,可得  $\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W = -c_p - \gamma - \omega + \Delta V - W$ 。依据条件  $-c_p + \Delta V - W < 0$ ,可以得出  $-c_p - \gamma - \omega + \Delta V - W < -\omega - \gamma < 0$ ,即  $\Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W < 0$ 。

由于  $\Psi_H^{TF} - \Psi_H^{CF} - W < 0, \Psi_D^{TF} - \Psi_D^{TS} - W < 0$ ,此时  $\text{tr } J > 0$ ,不满足系统演化稳定策略条件,(1,1)不是系统(II)的稳定点。

(5)在平衡点  $(p^*, q^*)$  处,将平衡点  $(p^*, q^*)$  代入系统(II)的行列式和迹,可以得到行列式  $\det J < 0$ ,迹  $\text{tr } J = 0$ ,显然不满足系统演化稳定策略条件,故  $(p^*, q^*)$  不是系统(II)的稳定点。

由以上分析可知,当  $W > \Psi_H^{TS} - \Psi_H^{CS}$  且  $W > \Psi_D^{CF} - \Psi_D^{CS}$ ,(0,0)是系统(II)的唯一演化稳定策略。

## Evolutionary Game Analysis of Unexpected Incidents Involving Mass Participation Based Scenario Inference

WANG Xunqing<sup>1</sup>, LI Yongjian<sup>2</sup>, SUN Huali<sup>3</sup>

1 Business School, Ludong University, Yantai 264025, China

2 Business School, Nankai University, Tianjin 300071, China

3 School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China

**Abstract:** Unexpected incidents involving mass participation have impacted China's social harmony and public safety. Aiming at the benefit game problem of different social groups in unexpected incidents involving mass participation, we study the strategy selection process of two types of social groups, i. e. the social powerful group and social vulnerable group, based on evolution game theory. Then this paper establishes the evolutionary game model of unexpected incidents involving mass participation under the scenario with or without the higher levels of government's punishment mechanism, and analyzes the behavior strategy stability of the two heterogeneous groups. Finally, this paper introduces evolutionary status of unexpected incidents involving mass participation for scenario inference simulations, the results show that:

Under the scenario without the higher government's punishment mechanism, ①if the costs and credit losses by taking tough policies are higher than the benefits and punishment costs on the vulnerable groups who adopt the struggle strategy. Moreover the benefits of the social vulnerable groups by taking the struggle strategy are less than the costs, then the two heterogeneous groups will ultimately choose cooperative strategies; ②if the benefits by taking tough policies of the social powerful group exceed the sum of the action costs, credit losses and compensation costs, meanwhile the benefits of the social vulnerable group by taking the struggle strategy exceed the sum of the costs including the action, compensation and penalty, then the two heterogeneous groups will select the tough struggle strategy; ③the strategy evolutionary velocities of the two heterogeneous groups are directly related with the initial proportion of policies selections. Given the same tactics proportion, the speed of stable strategy evolutionary of the social vulnerable group is faster than that of the powerful group.

Under the scenario with the higher government's punishment mechanism, ①if the punishment costs of superior government are higher than the margin between the benefits and the costs including action, credit losses and compensation of the social powerful groups by taking tough policies, yet higher than the margin between the benefits and the action costs of the social vulnerable groups by taking the struggle strategy, the two heterogeneous groups will abandon the tough struggle strategy, and choose the cooperation strategy; ②if the punishment costs go increasingly high, the impacts on evolution of vulnerable groups was no longer of significance, but the impacts on the evolution of strong group was significantly increased.

Thus, these findings contribute theoretically on the unexpected incidents involving mass participation in "scenario-response".

**Keywords:** unexpected incidents involving mass; evolutionary game; scenario inference; evolution stable strategy; stability

**Received Date:** April 30<sup>th</sup>, 2015      **Accepted Date:** August 20<sup>th</sup>, 2015

**Funded Project:** Supported by the National Social Science Foundation of China(13&ZD147) and the National Natural Science Foundation of China(91024002,71372100,71203134)

**Biography:** WANG Xunqing(1985 - , Native of Weifang, Shandong), Doctor in Management and is a Lecturer in the Business School at Ludong University. His research interests include emergency management, system optimization and decision analysis, etc. E-mail: xunqingwang@163.com

□