

# 校园恶性突发事件发生机理的“规则 - 策略”博弈学习模型

刘德海<sup>1,2</sup>

(1. 东北财经大学 经济计量分析与预测研究中心, 大连 116025; 2. 东北财经大学 数学与数量经济学院, 大连 116025)

**摘要** 在“规则 - 策略”的博弈理论范式下, 建立了校园恶性突发事件发生机理的博弈学习模型. 首先, 通过建构社会边缘人的心智模型 (包括主观认知规则和决策规则), 分析了校园恶性突发事件中社会边缘人从理性的学习规则, 到非理性的反社会学习规则的“规则学习”过程 (即“规则学习”遵循着同时包含了强化学习规则与理性规则的广义强化学习模型), 得出了社会边缘人面对自身博弈收益的持续恶化状况, 采取非理性的反社会行为规则的临界条件. 其次, 分析了校园恶性突发事件处于潜伏期、爆发期和扩散期等不同演化阶段中社会边缘人的“策略学习”过程, 构建了社会边缘人的“策略学习”的模仿学习模型. 最后, 提出防范校园安全的综合治理对策.

**关键词** 校园安全; 规则学习; 突发事件应急管理; 社会边缘人; 博弈学习模型

## Rule-strategy game learning model for the generation mechanism of campus vicious emergency

LIU De-hai<sup>1,2</sup>

(1. Center of Econometric Analysis and Forecasting, Dongbei University of Finance & Economics, Dalian 116025, China; 2. School of Mathematics and Quantitative Economics, Dongbei University of Finance & Economics, Dalian 116025, China)

**Abstract** Under the “Rule-Strategy” game theoretical paradigm, the game learning model of campus vicious emergency is built. Firstly, it analyzes the “rule learning” course of social marginal man from the rational learning rule to the irrational anti-social learning rule in campus vicious emergency, where the rule learning obeys the generalized reinforcement learning model including the reinforcement learning rule and rational behavior rule, and gets the critical condition that the social marginal man takes the irrational anti-social behavior rule when facing the income continual worsen. Secondly, it analyzes the social marginal man strategic learning course in the different evolutionary phases of campus vicious emergency including latent period, breakout period and diffusing period, and builds the strategy learning model of social marginal man. Lastly, the paper puts forward the countermeasures for overall treatment of campus vicious emergency.

**Keywords** campus safety; rule learning; emergency management for incident; social marginal man; game learning model

### 1 引言

2010 年 3 月 - 5 月, 我国福建南平、广西合浦等一些地方的中小学校及幼儿园接连发生六起重大校园恶性突发事件, 引起了中央政府和地方各级政府的高度重视. 面对着全国各地大范围集中爆发的校园恶性案件, 如何从安全管理科学角度深入揭示我国社会转型期校园恶性突发事件的发生机理和演化规律, 这是目前我国校园安全管理实践对安全管理科学研究提出的重大理论命题. 20 世纪 80 年代以来, 国际上安全管理科学的理论研究开始利用现代科学技术手段进行各种监测和社会调查, 发展了系统工程、安全评价、风险管理、预期型管理、目标管理、无隐患管理、行为抽样技术、重大危险源评估与监控等现代安全管理方法, 并综合运用统计资料、数学模型和计算机模拟等研究手段对社会问题进行定量化分析. 20 世纪末, 国内学者开始对高校安全问题和公共突发事件的展开研究, 并提出学校安全工作各种对策, 包括增加教育投入, 争取社会支持;

**收稿日期:** 2010-07-07

**资助项目:** 国家自然科学基金 (70901016, 71171035, 71271045); 2012 年辽宁省高等学校优秀人才支持计划; 辽宁省社会科学规划基金一般项目 (L11BGL007)

**作者简介:** 刘德海 (1974-), 男, 辽宁辽阳人, 副教授, 研究方向: 突发事件应急管理, 博弈论, E-mail: Ldhai2001@163.com.

通过管理和技术手段的结合, 消除事故隐患; 安全教育; 安全法规; 依法妥善处理事故等。但是, 2010 年 3-5 月全国各地密集发生的校园恶性案件, 具有不同于以往校园安全突发事件的“非常规”特点: 首先, 作为一种特殊的社会突发事件, 犯罪实施者是一类“社会边缘人”; 其次, 犯罪实施者选择社会最薄弱的环节校园学童进行侵害, 具有典型的反社会人格和病态心理, 基于理性或有限理性假设的传统管理理论研究范式对此问题难以适用; 再次, 该类恶性案件通过电视、报纸、互联网等现代信息网络报道后, 短期内被暗示或效仿, 造成全国各地密集发生; 最后, 作为社会治安问题, 校园恶性案件折射出我国社会经济转型过程中各种错综复杂的社会问题。尽管现有一些文献分别运用社会心理学<sup>[1]</sup>、演化博弈理论<sup>[2-3]</sup>、情景分析<sup>[4]</sup>等理论方法, 研究了群体性突发事件的发生机理和演化规律。但是, 校园恶性突发事件具有“非常规”的特征, 使得该问题成为社会突发事件应急管理研究面临的新挑战。

从博弈论的角度分析, 校园恶性突发事件是社会边缘人群中具有反社会人格的犯罪个体, 在非理性行为规则驱使下采取的极端行为策略。传统博弈理论中参与者在博弈规则、理性和效用函数都是双方共同知识下经过演绎和内省式分析得出纳什均衡结果的分析范式, 已经难以适用于校园恶性突发事件这种非理性行为的博弈分析。为此, 传统博弈理论需要在两个方面进行扩展: 第一, 将原先给定外部环境下的固定博弈结构, 发展为外部环境与博弈结构相互作用的开放式博弈结构模型。例如, Brandenburger 和 Nalebuff<sup>[5]</sup>认为博弈论中参与者如何定义情境, 比他们在情境中的行为更重要, 从而将博弈论的关注点由行为策略转换到外部环境(情境)。第二, 将原先完全理性的演绎过程, 发展为参与者使用某种学习规则的渐进学习模型, 以及更高层次的规则学习(rule learning)模型。本文在“规则 - 策略”的博弈理论范式下, 建立了校园恶性突发事件爆发和扩散机理的规则学习模型和策略学习模型。其中, 第二节构建了校园恶性突发事件爆发期社会边缘人进行“规则学习”模型; 第三节构建了事件扩散阶段社会边缘人的策略学习模型; 第四节提出了防范校园安全的标本兼治对策。

## 2 校园恶性突发事件爆发期社会边缘人的规则学习模型

### 2.1 校园恶性突发事件的行为特征

根据相关媒体报道, 在 2010 年 3-5 月全国各地接连发生的六起校园恶性突发事件中, 犯罪人的行为动机见表 1 所示, 其主要构成人群是城市失业人员或基层农民, 缺少各种社会资源, 经济条件较差, 大部分犯罪人属于社会边缘人(social marginal man), 具有针对无辜人群实施报复社会的反社会人格(dissocial personality disorder), 其行为方式为非理性的。

国外有关社会边缘人的相关研究集中在集体行动理论。其中, 古典的社会心理理论认为, 集体行动是社会边缘的弱势群体的病态、非理性行动。例如, 美国社会学者格尔提出了著名的“相对剥夺感”解释模型<sup>[6]</sup>。国内学者中, 于建嵘<sup>[7]</sup>首次区分了泄愤型和维权型群体性事件的两种类型; 张荆红<sup>[8]</sup>对我国某群体性事件开展田野调查, 首次从实证角度揭示了社会边缘人在泄愤型群体性事件中积极参与者的作用。但是, 国内外学者从管理科学角度针对社会边缘人的个体犯罪行为特征和反社会行为演化过程的研究尚不充分。一般来说, 社会边缘人具有如下社会属性<sup>[9]</sup>: 第一, 社会经济地位非常低下, 收入很低甚至没有任何收入, 处于社会底层。第二, 没有能力来改善自己的社会经济地位, 在市场竞争中很难找到工作; 没有能力长期支持子女教育; 由于与主流社会隔膜, 在社会资本上难以获得强有力的支持, 阶层向上流动的渠道狭窄化。第三, 社会边缘化具有积累和代际传承的特征。分析表 1 中六起重大校园恶性突发事件, 犯罪人均具有社会边缘人的上述典型特征。

在长期的社会挫折感和压抑感的情绪笼罩下, 犯罪人将个人因素为主造成的社会失败归因于社会因素, 逐渐形成反社会人格。反社会的报复行为缺乏明确的指向对象, 通常是无辜的不相关者被当成了泄愤对象。犯罪心理学将这类暴力行为的心理机制称为“反社会型人格”。校园恶性突发事件中, 一些犯罪人实施针对学童的反社会报复行动后, 选择自杀行为以逃避道德的谴责和法律的制裁。在我国当前社会阶层急剧分化、个别地区社会秩序甚至失范的转型期, 规则不确定性加剧了人们的焦灼、绝望情绪, 导致非理性的反社会行为趋多。

在行为科学中, 行为理性(behavior rationality)的数学定义是指可以根据偏好对不同的选择方案进行排序, 并且所排次序在任何时候都独立于机会集合。在该定义中, 人们对偏好选择集进行排序的过程, 隐含着哲学意义上的理性思维。马斯洛提出的需求层次理论(Maslow's hierarchy of needs)在一定程度上反映了人类行为和心理活动的共同规律。正常人的需求分成生理需求、安全需求、社交需求、尊重需求和自我实现需求

等五类,依次由较低层次到较高层次排列.一般来说,只有在较低层次的需求得到满足之后,才有动机追求较高层次的需求<sup>[10]</sup>.上述理论可表述为:

$$P_1 \succ P_2 \succ P_3 \succ P_4 \succ P_5 \quad (1)$$

其中,下标  $i = 1, 2, \dots, 5$  分别代表生理需求、安全需求、社交需求、尊重需求和自我实现需求.上式的排序结果,反映了在人类基本社会规范下的行为理性.

表 1 我国六起校园恶性突发事件犯罪嫌疑人的行为动机

校园恶性突发事件	犯罪人行为动机分析	资料来源
3.23 福建南平恶性杀人案	因恋爱多次受挫,图谋报复泄愤,恐对成年人行凶难以得逞,即萌生杀害小学生之恶念	福建南平市重大凶杀案罪犯郑民生被依法执行死刑,中央政府门户网站,2010-4-28
4.12 广西合浦某小学凶杀案	原从事农村赤脚医生工作,曾因为给某村民就诊注射时造成死亡,导致精神严重忧郁	检察机关介入广西合浦县凶杀案,星岛环球网,2010-4-13
4.28 广东雷州校园凶杀案	系雷州市白沙镇洪富小学公办教师,2006年2月办理病休至今	广东湛江一男子持刀闯入校园砍伤19名学生和教师,中央政府门户网站,2010-4-29
4.29 江苏泰兴幼儿园伤人事件	为本地无业人员,原在保险公司工作,2001年被单位辞退.此前曾从事过违法传销活动	江苏泰兴幼儿园伤人者身份已确认,新华网,2010-4-29
4.30 山东潍坊校园血案	村委会提供虚假证明骗取房产证,新房建于基本农田上,相关部门拟定的拆迁协议未提赔偿事宜	张鹭,杜欣,潍坊突然血案,财经,2010年第10期
5.12 陕西南郑幼儿园砍伤儿童事件	身患II型糖尿病、前列腺炎等多种疾病,多次医治未见好转,认为租房子的民办幼儿园举办者将房内的蛇打死带来病患	陕西南郑幼儿园“5·12”重大恶性刑事案件犯罪动机查明,正义网,2010-5-14

一般来说,非理性的行为是指冲动、情绪、直觉、幻觉、下意识等驱动下产生的行为.人们产生非理性行为的思维过程,不符合建构在演绎或归纳原则之上的理性思维.具体体现在人类的五种基本需求排序中,非理性行为即指不符合(1)式的人类社会基本行为规范.校园恶性突发事件中,犯罪人通过实施报复社会行为达到犯罪后果的最大化,从而最大程度发挥个人的破坏能力,实现扭曲的“自我价值”.因此,这种非理性的反社会行为体现在对人类五种基本需求的如下排序:

$$P_1, P_2, P_3, P_4 \rightarrow 0, \quad \max P_5 \quad (2)$$

## 2.2 从行为规则到规则学习

从博弈论理论角度上看,参与人采取的任何行动都是在某一种行为规则 (behavior rule) 指导下,在可行的行动集合中选择某一种行动方案 (action).因此,分析校园恶性突发事件的演化规律,关注的重点是分析犯罪分子如何形成(2)式所示非理性、反社会的行为规则.

20世纪80年代Maynard Smith等人研究生物种群演化现象提出的演化博弈理论为分析社会复杂系统的演化规律提供了一门崭新的理论工具<sup>[11]</sup>,并导致了90年代博弈理论研究出现了一个转折点:研究者不再将人的行为模型化为“超理性”的推理过程,而是具有某种适应性学习能力的渐进演化过程.演化博弈基本的学习机制包括强化学习、基于信念学习等个体学习模型和社会模仿模型.根据现实社会系统中信息量、风险偏好等不同理性假设,产生了适合于特定情境分析的各种学习模型,构成了从强化学习到超级理性的行为规则谱系.

**定义 1 (行为规则)** 对于某个博弈问题  $G = \{N, A, U\}$ , 其中  $N$  为参与者集合,  $A$  为参与者面临的可行行动集合,  $U$  为参与者的效用集合, 定义参与者在  $t$  时期采取行动的经验累积分布为  $p^t$ , 该信息为博弈的共同知识 (common knowledge), 则在时刻  $t$  参与者各阶段的历史行动集记为  $h^t = \{p^0, p^1, \dots, p^{t-1}\}$ , 此时参与者可获得的信息集合记为  $\Omega^t = \{G, h^t\}$ , 参与者在可行行动集合  $A$  上的选择各种行动的概率分布即为  $p(A)$ ,

则行为规则定义为从信息集合到各种行动概率分布的映射<sup>[12]</sup>:

$$\rho: \Omega^t \rightarrow p(A) \quad (3)$$

其中, 所有行为规则的集合记为  $R$ ,  $\rho \in R$ .

面对各种学习模型的“规则丛林”, 演化博弈理论更进一步的前沿工作将是探讨如何在动态环境下实现学习规则的演化, 即规则学习 (rule learning) 问题. Gagné 认为, “规则学习是在概念学习之上, 不但需要将第一个概念推论到第二个概念, 还要发现本质的概念, 在一般和特殊之间进行转化; 将规则学习应用在问题解决中, 指的是旧规则形成新规则, 所隐含的知识被表征为两个或者更多的引向更高级规则的规则<sup>[13]</sup>”. 目前, 有关规则学习的研究文献主要集中在认知科学和人工智能领域, “现有大部分演化博弈理论文献的研究范式, 是针对某一种固定的学习规则进行演化分析<sup>[14]</sup>”, 仅有少数几篇演化博弈论理论文献涉及到规则学习问题. 其中, Stahl<sup>[12]</sup> 提出了根据学习规则的绩效进行规则学习的研究思路, 按照各种学习规则的权重构造相应的规则学习模型; Heller<sup>[15]</sup> 认为环境的变化导致了博弈结构改变, 因此在各种博弈模型上比较了最佳响应学习机制的演化适应性; 刘德海<sup>[16]</sup> 在农村劳动力转移问题中区分了模仿行为规则与创新行为规则.

### 2.3 校园恶性突发事件爆发期社会边缘人的“规则学习”模型

全国各地连续发生的数起校园恶性突发事件, 引起了理论界和整个社会的思考: 犯罪实施者非理性的反社会行为是如何出现的? 除了少数犯罪人患有严重的精神疾病外, 大多数犯罪人属于具有完全刑事责任能力的犯罪主体. 根据建构主义学习理论, 学习是在一定的情境即社会文化背景下, 借助其他人的帮助即通过人际间的协作活动而实现的意义建构过程<sup>[17]</sup>. 因此, 需要进一步分析隐藏在犯罪分子反社会行为背后的社会根源, 才能从根本上消除威胁校园安全的隐患. 从规则学习的角度分析, 理论关注的重点问题应该是我国社会转型期的外部环境如何影响到社会边缘人的行为演化, 在其社会冲突和互动过程中建构起非理性、反社会的行为规则, 从而导致校园恶性突发事件.

现有博弈论的理论框架是在既定外部环境和行为规则下, 研究参与者互动行为的均衡结果. 为此, 需要将博弈论的理论框架在如下两个方面进行扩展: 第一, 考虑变化的外部社会环境, 即“变化的环境  $\rightarrow$  行为规则的演化  $\rightarrow$  选择新的策略  $\rightarrow$  均衡的演化”<sup>[18]</sup>; 第二, 根据建构主义学习理论, 社会边缘人在博弈结构所处的社会情境下, 构建起主观认知评价体系, 即构建包括社会边缘人的认知规则和决策规则在内的心智模型 (mental model). 在校园恶性突发事件中, 犯罪分子的心智模型表现出来具有 (2) 式非理性、反社会的主观认知评价体系特征. 在考虑了博弈的外部社会环境和社会边缘人的心智模型后, 社会边缘人学习规则的演化过程 (即规则学习) 如图 1 所示.

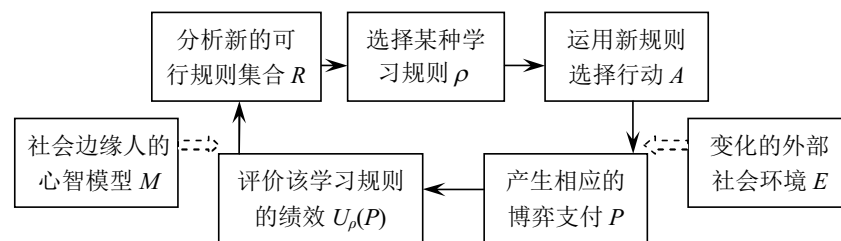


图 1 社会边缘人行为规则的演化示意图

在表 1 所示的六起校园恶性突发事件中, 犯罪人均处于社会弱势群体地位. 进入 20 世纪 90 年代以来我国社会经济发展不均衡问题日益明显, 经济发展比较落后地区的农民收入提高缓慢, 城镇下岗职工、失业人员和病残人员生活困难, 在社会阶层分化中处于弱势群体地位. 其中, 由于转型期制度不完善、市场竞争的分化作用, 以及自身能力上的原因等多种因素, 造成社会弱势群体中的一少部分人进一步沦为孤立无助的社会边缘人. 同时, 一些地方政府官员与开发商等资本利益集团相勾结, 垄断了所在地方的大部分经济和社会发展资源, 在争夺某种稀缺性社会资源的过程中, 成为具有优先行动权的社会强势群体. 本文建立图 2 所示的动态博弈模型, 表示校园恶性突发事件中社会强势群体与社会边缘人的要素博弈过程.

假设社会强势群体  $i$  与社会边缘人  $j$  相互争夺某种价值为  $V$  的稀缺性社会资源. 如果社会强势群体率先采取强硬策略而对方妥协, 前者得到该资源后者一无所获, 双方的得益为  $(V, 0)$ . 如果双方采取 (强硬, 斗

争) 策略或 (合作, 妥协) 策略, 则占据大多数社会资源的强势群体将获得较大份额的资源  $a$ ,  $V/2 < a < V$ . 社会边缘人采取抗争策略得以实施的概率  $p$ , 取决于报复社会的实施对象固有特征 (如建筑物布局、犯罪时间和犯罪手段等)、校园等公共场所安全防范措施等各种不确定因素. 在 2010 年 3-5 月份发生的数起校园恶性突发事件中, 社会边缘人选择社会最薄弱环节、无辜的学龄儿童进行极端的暴力行为, 该报复行动具有明显的非理性、反社会特征, 记为 *Santi-social*. 犯罪分子的行动目标是造成社会伤害的最大化, 即极端暴力行为得以实施后造成的较大范围社会损害成本  $NC$  (其中个体人身伤害的成本记为  $C$ , 无辜社会人群中受损害人数记为  $N$ ), 将远大于某种社会资源的价值  $V$ , 即:  $NC \gg V$ . 否则, 校园采取各种安全防范措施的成本记为  $C'$ . 在社会资源争夺的过程中, 强势群体利用信息和社会资本等方面的优势, 享有优先行动采取强硬策略的先动优势. 在此社会情境下, 社会边缘人采取斗争策略将是非理性的. 如图 2 所示的扩展式要素博弈中, 博弈结构和规则 (即不同策略对应的收益) 等都是双方的“共同知识”.

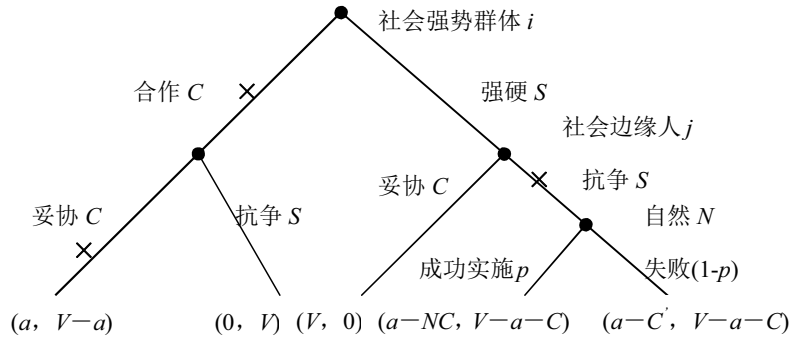


图 2 存在不确定因素的校园恶性突发事件动态博弈

在 Aoki 的比较制度分析理论中, 心智模型包括两种类型的规则: 认知规则与决策规则<sup>[19]</sup>. 首先, 分析社会边缘人的认知规则. 根据有限次重复囚徒困境博弈、最后通牒博弈、鹰-鸽博弈等大量的实验博弈研究结果表明, 参与人处于一定社会文化背景之中, 其决策时要考虑公平原则等社会文化规范. 因此, 在 Bethwaite 和 Tompkinson 提出的非自利效用函数基础上<sup>[20]</sup>, 定义社会边缘人  $j$  考虑公平因素后的主观认知评价函数 (即效用函数) 为:

$$u_j = p_j + \beta_j(p_j - p_i) \quad (4)$$

式中,  $p_j$  为社会边缘人  $j$  的绝对收益, 即博弈中的支付;  $\beta_j(p_j - p_i)$  为社会边缘人  $j$  的相对收益;  $\beta_j$  为相对收益系数, 其绝对值的大小反映了社会边缘人  $j$  对收益差距的敏感程度, 其值非负, 反映了社会边缘人  $j$  追求收益公平的利己主义行为倾向. 因此, 社会边缘人的主观认知评价函数 (4) 式中包含了考虑社会分配公平性的私人信息.

其次, 分析社会边缘人基于强化学习模型的决策规则. 假设社会边缘人  $j$  在博弈的初始阶段  $t = 0$  具有某种行为规则  $\rho^0$ . 不失一般性, 假设初始阶段社会边缘人的行为规则符合 (1) 式的理性特征:

$$\rho^0 = \{P_1 \succ P_2 \succ P_3 \succ P_4 \succ P_5\} \quad (5)$$

社会边缘人  $j$  采取学习规则  $\rho$  的概率记为  $\varphi(\rho, t)$ , 其取决于两个因素: 一方面, 当社会边缘人对于下一期  $t$  的行动缺少相关信息时, 分析下一期采取学习规则  $\rho$  下的行动  $a \in A$  预期收益的主观评价  $u_j(\rho, a, t)$  占据各个时期绝对收益主观评价累积值的比例, 然后根据历史各个时期的经验分布采取相应行动, 即强化学习模型; 另一方面, 当社会边缘人对于下一期采取的行动具有充分的信息时, 将根据下一期采取学习规则下的行动  $a_t$  预期获得绝对收益的主观认知评价  $u_j(\rho, a, t)$ , 决定下一期将要采取的行动, 即完全信息下的传统博弈模型.

因此, 定义社会边缘人在第  $T$  期规则学习的广义强化学习模型为:

$$\varphi(\rho, t) = \lambda \cdot \frac{u_j(\rho, a, T)}{\int_1^T u_j(\rho, a, t) \cdot dt} + (1 - \lambda),$$

$$\text{如果 } a_1 = a_2 = \dots = a_T, \quad u_j(\rho, a, t) \leq 0, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

$$\varphi(\rho, t) = 1 - \lambda \cdot \frac{u_j(\rho, a, T)}{\int_1^T u_j(\rho, a, t) \cdot dt},$$

如果  $a_1 = a_2 = \dots = a_{T-1}$ ,  $a_{T-1} \neq a_T$ ,  $u_j(\rho, a, t) \leq 0$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$  (7)

若第  $T$  期的主观认知评价  $u_j(\rho, a, T)$  转为正值, 则

$$\varphi(\rho, t) = \lambda \cdot \frac{u_j(\rho, a, T)}{\int_1^T |u_j(\rho, a, t)| \cdot dt} + (1 - \lambda),$$

如果  $a_1 = a_2 = \dots = a_{T-1}$ ,  $a_{T-1} \neq a_T$ ,  $u_j(\rho, a, t) > 0$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$  (8)

上式中, 定义  $\lambda$  为表示社会边缘人的强化学习系数, 即决策行为的理性化程度. 当  $\lambda = 1$  时, 即为博弈学习理论的强化学习模型; 当  $\lambda = 0$  时, 即为收益最大化的“完全理性”博弈模型.

**定义 2 (社会边缘人的心智模型)** 在社会边缘人与社会强势群体争夺某种稀缺性社会资源的过程中, 社会边缘人的主观认知评价函数 (4) 式 (即认知规则) 和广义强化学习的决策模型 (6)–(8) 式 (即决策规则), 共同构成社会边缘人的心智模型.

### 2.4 校园恶性突发事件爆发期社会边缘人的行为规则演化分析

根据个人对人类生理需求、安全需求、社交需求、尊重需求和自我实现需求等五种基本需求的不同排序, 除了 (1) 式反映的理性行为规则以外, 还可以得出各种非理性的行为规则. 为了进一步刻画各种非理性行为规则的细微差异, 引入五种基本需求的权重, 将序数排序的行为规则转化为基数化:

$$\rho = k_1 P_1 + k_2 P_2 + k_3 P_3 + k_4 P_4 + k_5 P_5, \quad \sum_{i=1}^5 k_i = 1 \quad (9)$$

如果某种行为规则的基本需求权重系数满足  $k_1 > k_2 > k_3 > k_4 > k_5$ , 我们称其为理性的行为规则  $\rho^{rational}$ ; 否则, 称之为非理性的行为规则  $\rho^{irrational}$ , 其中, (2) 式反映出犯罪分子漠视自身和他人 (无特定目标) 生命价值的行为规则, 称其为反社会的行为规则  $\rho^{anti-social}$ .

分析图 2 社会冲突中社会强势群体与社会边缘人的要素博弈结构, 由于社会强势群体具有先动优势, 当社会边缘人采取 (1) 式的理性行为规则时, 根据动态博弈的逆向归纳法, 可得子博弈完美纳什均衡策略为 {强硬, 妥协}, 均衡结果为  $(V, 0)$ . 将此阶段博弈支付代入社会边缘人的主观认知评价函数 (4) 式, 得:

$$u_j(\rho^{rational}, C, t) = -V\beta_j \quad (10)$$

根据规则学习的广义强化学习模型 (6) 式, 在  $t$  时期社会边缘人采取的行为规则  $\rho$  取决于前  $t - 1$  时期主观认知评价的累积值与第  $t$  期采取各种学习规则的获得的主观认知评价.

1) 在  $t - 1$  时期社会边缘人采取理性学习规则  $\rho^{rational}$  后, 其对应的行动是妥协策略  $C$ , 获得的主观认知评价累积值为:

$$\begin{aligned} \int_1^{t-1} u_j(\rho^{rational}, C, t) \cdot dt &= -\sigma^{t-1}V\beta_j - \dots - \sigma^2V\beta_j - \sigma V\beta_j \\ &= -\sigma V\beta_j \left( \frac{1 - \sigma^{t-1}}{1 - \sigma} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

其中, 不同于重复博弈理论中完全理性下贴现因子,  $\sigma$  为历史各时期收益累积的历史记忆强度系数, 即参与人对过去阶段获得收益的历史记忆强度,  $0 \leq \sigma \leq 1$ ; 当  $\sigma \rightarrow 1$  时, 记忆强度越大.

2) 分析第  $t$  期社会边缘人采取理性学习规则  $\rho^{rational}$ : 其对应的行动妥协策略  $C$  获得的主观认知评价值为:

$$u_{j=t}(\rho^{rational}, C, t) = -V\beta_j < 0 \quad (12)$$

将 (11)、(12) 式代入 (6) 式, 可得第  $t$  期社会边缘人采取理性的学习规则概率  $\rho^{rational}$ :

$$\varphi(\rho^{rational}, t) = \begin{cases} \frac{\lambda(1 - \sigma)}{1 - \sigma^{t-1}} + 1 - \lambda, & \text{当 } \beta_j \neq 0 \\ 1, & \text{当 } \beta_j = 0 \end{cases} \quad (13)$$

**命题 1** 根据社会边缘人规则学习的广义强化学习模型, 在社会边缘人与社会强势群体相互争夺某种稀缺性社会资源的过程中, 如果社会边缘人的主观认知评价包含了公平因素, 则采取理性学习规则的概率  $\varphi(\rho^{rational}, t)$ , 与强化学习系数  $\lambda$ 、各阶段博弈获得收益的历史记忆强度  $\sigma$ , 以及造成收入差距过大的社会分配体制持续时期  $t$  等因素成反比.

3) 分析第  $t$  期社会边缘人采取反社会的学习规则  $\rho^{anti-social}$ : 设其成功实施犯罪行动的可能性为  $p$ , 在图 2 所示的要素博弈中, 社会边缘人在反社会的学习规则  $\rho^{anti-social}$  指导下, 将采取针对社会最薄弱环节的无辜人群展开极端的报复行动  $S^{anti-social}$ .

根据 (4) 式, 此时其获得的主观认知评价价值为:

$$\begin{aligned} u_j(\rho^{anti-social}, S^{anti-social}, t) &= p \cdot [V - a - C + \beta_j(V - 2a - C + NC)] \\ &\quad + (1 - p) \cdot [V - a - C + \beta_j(V - 2a - C + C')] \\ &= V - a - C + \beta_j(V - 2a - C + C') + p\beta_j(NC - C') \\ &\approx V - a - C + p\beta_j(NC - C') \end{aligned} \quad (14)$$

社会边缘人一旦决定采取反社会的报复行动, 其早已放弃了自身的生命价值, 即报复行动的成本将远大于获取部分社会资源的收益  $a$ , 即:  $C \gg a$ . 而校园安全防范措施的成本  $C'$  低于社会资源价值  $V$ , 否则采取治本之策调整社会分配体制更有效.

将 (11)、(14) 式代入社会边缘人的广义强化学习模型 (7) 式:

$$\begin{aligned} \varphi(\rho^{anti-social}, t) &= 1 - \lambda \cdot \frac{V - a - C + p\beta_j(NC - C')}{V - a - C + p\beta_j(NC - C') - \sigma V \beta_j \left( \frac{1 - \sigma^{t-1}}{1 - \sigma} \right)} \\ &= (1 - \lambda) + \lambda \cdot \frac{\sigma V \beta_j \left( \frac{1 - \sigma^{t-1}}{1 - \sigma} \right)}{C - (V - a) - p\beta_j(NC - C') + \sigma V \beta_j \left( \frac{1 - \sigma^{t-1}}{1 - \sigma} \right)} \end{aligned} \quad (15)$$

**命题 2** 根据社会边缘人规则学习的广义强化学习模型, 在社会边缘人与社会弱势群体争夺稀缺性社会资源的过程中,

1) 社会边缘人采取反社会学习规则的概率  $\varphi(\rho^{anti-social}, t)$  与下列六个因素成正比: 报复社会的犯罪行动的成功可能性  $p$ 、无辜社会人群等社会损害成本  $NC$ 、社会边缘人对收益差距的敏感程度  $\beta_j$ 、社会稀缺性资源的价值  $V$  和强势群体的资源分配比例  $(V - a)$ 、社会边缘人对各阶段博弈获得收益的历史记忆强度  $\sigma$ 、造成收入差距过大的社会分配体制持续的时期  $t$ .

2) 社会边缘人采取反社会学习规则的概率  $\varphi(\rho^{anti-social}, t)$  与下列两个因素成反比: 社会边缘人决策的强化学习系数  $\lambda$ 、校园安全防范措施的投入  $C'$  和社会边缘人实施报复社会需要自身付出的犯罪成本  $C$ .

### 3 校园恶性突发事件扩散过程中社会边缘人的策略学习模型

#### 3.1 校园恶性突发事件潜伏期的社会边缘人选择理性策略分析

在建构社会边缘人心智模型的过程中, 虽然其主观认知评价函数 (4) 式和广义强化学习的决策模型 (6)–(8) 式分别包含了公平因素的私人信息、理性程度较差的强化学习规则, 但是根据决策模型 (6)–(8) 可以判断, 在初始阶段  $t = 1$  时, 社会边缘人的行为规则是完全理性, 或在  $1 - \lambda$  程度上是理性的,  $\varphi(\rho, t) = 1 - \lambda$  或  $\varphi(\rho, t) = 1$ .

如果社会边缘人拥有一定的社会资本, 即在争夺某种稀缺性社会资源的过程中, 具有一定的谈价还价能力; 或者社会提供了体制内合法的社会矛盾纠纷排查机制、调解机制. 随着社会边缘人的博弈收益持久恶化, 社会边缘人在理性的学习规则  $\rho^{rational}$  指导下将放弃原先的妥协策略  $C$ , 转而选择人民调解渠道, 或求助于法律诉讼手段 (记为  $C_1$  策略). 由于社会边缘人可供选择的理性的策略集合为妥协策略  $C$ , 人民调解或法律诉讼策略  $C_1$ , 则有:

$$\varphi(\rho^{rational}, C_1, t) = 1 - \varphi(\rho^{rational}, C, t) \quad (16)$$

考虑另外一种情况, 社会边缘人在面临各种矛盾纠纷时, 往往缺乏必要的社会资本; 而且基层政府的社会矛盾纠纷排查机制和调解机制失灵, 面对着博弈收益持久恶化的局面, 社会边缘人在理性的学习规则  $\rho^{rational}$  下无计可施, 仅能继续选择妥协策略  $C$ . 根据命题 1 可知, 随着社会边缘人对博弈收益的历史记忆强度  $\sigma$  的增强, 以及两极分化的社会分配体制呈现出持久化趋势 (即不断延长持续时期  $t$ ), 社会边缘人采取理性的学习规则的概率  $\varphi(\rho^{rational}, t)$  将逐渐下降, 整个社会矛盾处于不断积累恶化的潜伏阶段.

### 3.2 校园恶性突发事件爆发期的社会边缘人选择反社会策略临界条件分析

当社会边缘人面临着自身博弈收益持久恶化 (即历史记忆强度  $\sigma$  和持续时期  $t$  都增大)、基层政府的社会矛盾排查机制和调解机制失灵的局面时, 其从理性的行为规则  $\rho^{rational}$  转为非理性的反社会行为规则  $\rho^{anti-social}$ , 标志着校园恶性突发事件的正式爆发, 其是整个事态演化的一个关键临界点。

首先, 分析一种极限情况: 当社会边缘人采取非理性的反社会行为规则  $\rho^{anti-social}$  时, 虽然实施报复社会的犯罪行动的成功可能性  $p = 0$ , 此时社会边缘人仍然会实施报复社会的犯罪行动  $S^{anti-social}$  的充要条件, 即:

$$\varphi(\rho^{rational}, t) \Big|_{p=0} > 0 \quad (17)$$

将社会边缘人采取反社会的学习规则  $\rho^{anti-social}$  概率 (15) 式代入上式, 得社会边缘人采取反社会的学习规则  $\rho^{anti-social}$  的临界条件:

$$\sigma V \beta_j \left( \frac{1 - \sigma^{t-1}}{1 - \sigma} \right) > (\lambda - 1)(C + a - V) \quad (18)$$

其次, 随着社会边缘人实施报复社会的犯罪行动的成功可能性提高,  $p > 0$ , 由命题 2 可知, 社会边缘人采取反社会学习规则的概率  $\varphi(\rho^{anti-social}, t)$  将增大。

**推论 1** 在社会边缘人与社会强势群体争夺稀缺性社会资源的过程中, 社会边缘人面对自身博弈收益的持续恶化状况, 其采取非理性的反社会行为规则  $\rho^{anti-social}$  的极限条件等价于当社会边缘人实施报复社会的犯罪行动的成功可能性为 0 时, 仍然实施报复社会的犯罪行动  $S^{anti-social}$  的充要条件。

### 3.3 校园恶性突发事件扩散期的社会边缘人模仿学习模型

一旦社会边缘人转变到采取非理性的反社会行为规则, 校园恶性突发事件开始爆发。在各传播媒体对 3.23 南平惨案等校园恶性伤害案件进行大范围的宣传报道后, 在引起世人强烈愤慨和教育管理部门高度重视的同时, 无意中也为个别极端犯罪分子传播了一种新的报复社会犯罪方式: 选择中小学校园学龄儿童聚集处等社会最薄弱的环节, 实现犯罪分子报复社会的目标最大化, 产生了较强的“心理传染”效应, 较短的时期内全国各地密集发生了数起校园恶性突发事件。

针对有限理性的社会群体通过相互之间策略的观察、模仿和学习的动态演化过程, 演化博弈理论提供了一种合适的理论研究方法, 其中最常见的一种模仿学习模型是复制者动态模型 (replicator dynamic model): 每一个参与者只代表某一特定的同类群体, 其长期坚持采用某种纯策略  $s_i$ , 且采用这种策略的群体比例的增长率  $d\theta_i(t)/dt$  是此策略效用  $u_i(\rho, s_i, t)$  与群体平均效用  $\bar{u}$  差的严格增函数<sup>[21]</sup>:

$$d\theta_i(t)/dt = \theta_i(t) \cdot [u_i(\rho, s_i, t) - \bar{u}], \quad \text{其中, } \bar{u} = \sum_{i=1}^n u_i(\rho, s_i, t) \cdot \theta_i(t) \quad (19)$$

当演化博弈的模仿学习模型应用于社会经济问题时, 考虑到不同策略存在着相应行动被观察到的可能性差异, 一些策略可能更难于被观察, Sethi<sup>[22]</sup> 提出了一般化复制动态模型。将时间  $t$  分为长度为  $\tau$  的固定间隔的时间序列, 在每一时间间隔  $\tau$  内社会边缘人考虑修改现有策略: 在新闻媒体报道的各种社会突发事件中, 随机抽取若干个样本并观察社会边缘人 (或弱势群体) 的行动和收益。当前采取非理性斗争策略  $S$  的社会边缘人被抽取到的可能性由其所占群体份额  $\theta_S$  表示, 与该斗争策略相关的行动和收益被观察到的可能性用  $O_S$  表示。社会边缘人面对着自身博弈收益的持续恶化的局面, 如果基层社会矛盾排查机制和调解机制失灵, 当前选取妥协策略  $C$  的社会边缘人可能出于一种泄愤心理, 认为案件中的社会边缘人采取斗争策略  $S$  获得的主观认知评价更好, 则转换为斗争策略的可能性与主观认知评价的差值  $u_i(\rho, S, t) - u_i(\rho, C, t)$  成比例。通过合适的收益正态化, 转换概率等于该差值。

当前选取妥协  $C$  的社会边缘人, 在时间  $\tau$  内转换到斗争  $S$  的比例记为  $p(C \rightarrow S)$ , 则:

$$p(C \rightarrow S) = \begin{cases} \tau \cdot O_S \cdot [u_i(\rho, S, t) - u_i(\rho, C, t)] \cdot \theta_S, & \text{如果 } u_i(\rho, S, t) > u_i(\rho, C, t) \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (20)$$

定义集合  $B(C) = \{C \in A \mid u_i(\rho, S, t) > u_i(\rho, C, t)\}$ , 其包含了主观认知评价高于妥协策略  $C$  的所有非



理性策略 (包括反社会报复策略  $S^{anti-social}$ ), 则在时间  $(t + \tau)$  的群体比例:

$$\begin{aligned} \theta_C(t + \tau) = & \theta_C(t) + \sum_{S \notin B(C)} \tau O_C \cdot \theta_C(t) \theta_S(t) \cdot (u_i(\rho, C, t) - u_i(\rho, S, t)) \\ & - \sum_{S \in B(C)} \tau O_C \cdot \theta_C(t) \theta_S(t) \cdot (u_i(\rho, S, t) - u_i(\rho, C, t)) \end{aligned} \quad (21)$$

取极限  $\tau \rightarrow 0$ , 得到在校园恶性突发事件扩散期, 社会边缘人的一般化复制动态方程:

$$d\theta_C/dt = \theta_C \cdot \left[ O_C \cdot \sum_{S \notin B(C)} (u_i(\rho, C, t) - u_i(\rho, S, t)) \cdot \theta_S - \sum_{S \in B(C)} O_S \cdot (u_i(\rho, S, t) - u_i(\rho, C, t)) \cdot \theta_S \right] \quad (22)$$

当社会边缘人通过各种传播媒体了解到其它地区发生校园恶性突发事件后, 即案件中的其它社会边缘人 (记为  $-j$ ) 对自身博弈收益持久恶化的忍耐力已经达到极限, 由妥协策略  $C_j$  转为非理性的反社会报复行动  $S_{-j,p=0}^{anti-social}$  (简记为  $S_{-j,p=0}^{as}$ ), 即  $\varphi_{-j}(\rho^{anti-social}, t) |_{p=0} > 0$ .

根据贝叶斯法则, 由于  $p(S_j^{as} | S_{-j,p=0}^{as}) > p(C_j | S_{-j,p=0}^{as})$ , 社会边缘人调整原先实施犯罪行为成功可能性的先验估计, 则:

$$\begin{aligned} p(S_{-j,p=0}^{as} | S_j^{as}) &= \frac{p(S_{-j,p=0}^{as})p(S_j^{as} | S_{-j,p=0}^{as})}{p(S_{-j,p=0}^{as})p(S_j^{as} | S_{-j,p=0}^{as}) + [1 - p(S_{-j,p=0}^{as})]p(C_j | S_{-j,p=0}^{as})} \\ &> \frac{p(S_{-j,p=0}^{as})p(S_j^{as} | S_{-j,p=0}^{as})}{p(S_{-j,p=0}^{as})p(S_j^{as} | S_{-j,p=0}^{as}) + [1 - p(S_{-j,p=0}^{as})]p(S_j^{as} | S_{-j,p=0}^{as})} \\ &= p(S_{-j,p=0}^{as}) \end{aligned} \quad (23)$$

因此, 社会边缘人成功实施报复社会犯罪行为的后验概率增大.

文献 [23] 的研究表明, 对于  $2 \times 2$  博弈问题, 上述一般化复制动态方程退化为包含了非理性斗争策略被观察、模仿的概率  $O_S$  的传染病扩散模型:

$$d\theta_S/dt = \theta_S \cdot O_S \cdot [u_i(\rho, S, t) - \bar{u}] \quad (24)$$

在社会边缘人与社会强势群体争夺稀缺性社会资源的过程中, 社会强势群体采取强硬策略下, 根据社会边缘人的主观认知评价函数 (4) 式, 社会边缘人采取非理性的反社会报复策略  $S^{anti-social}$  的主观认知评价见 (14) 式, 根据 (12)、(14) 式得主观认知评价的平均值为:

$$\begin{aligned} \bar{u} &= u_i(\rho, S, t) \cdot \theta_S + u_i(\rho, C, t) \cdot \theta_C \\ &= \left[ V - a - C + \beta_j(NC - C') \cdot p(S_{-j,p=0}^{anti-social} | S_j^{anti-social}) \right] \cdot \theta_S + (-\beta_j V) \cdot \theta_C \end{aligned} \quad (25)$$

代入 (24) 式, 可得校园恶性突发事件的扩散方程为:

$$\frac{d\theta_S}{dt} = \theta_S \cdot (1 - \theta_S) \cdot O_S \cdot \left[ V(1 + \beta_j) - a - C + \beta_j(NC - C') \cdot p(S_{-j,p=0}^{anti-social} | S_j^{anti-social}) \right] \quad (26)$$

**命题 3** 运用演化博弈理论的一般化复制动态模型分析校园恶性突发事件的扩散过程, 社会边缘人采取反社会报复策略的扩散速度与下列因素成正比: 社会边缘人对收益差距的敏感程度  $\beta_j$ 、成功实施报复社会犯罪行为的后验概率  $p(S_{-j,p=0}^{anti-social} | S_j^{anti-social})$ 、无辜社会人群的受害人数  $N$ 、各类新闻媒体报道和有关教育管理部门应急措施等因素决定的反社会报复策略被观察模仿到的概率  $O_S$ , 有关教育管理部门采取应急措施的时机 (即决定了时刻  $t$  的行为比例分布  $\theta_S$ ). 同时, 校园恶性突发事件的扩散速度与校园安全防范措施的投入  $C'$  和社会边缘人实施报复社会需要自身付出的犯罪成本  $C$  成反比.

## 4 研究结论

在“规则 - 策略”的博弈理论研究范式下, 校园恶性突发事件是社会边缘人群中具有反社会人格的犯罪个体, 在非理性行为规则驱使下采取报复社会的反社会极端行为, 并且借助手机、网络等现代传媒发生心理传染和行为扩散的过程. 本文分别构建了校园恶性突发事件中社会边缘人的“规则学习”和“策略学习”模型. 研究表明:

首先, 根据命题 2, 在校园恶性突发事件爆发期, 社会边缘人采取反社会学习规则的概率大小, 取决于历史文化传统、社会分配体制、社会治安防范体系、个体心理特征的多种复杂因素. 具体影响因素包括: 社会文化传统, 如社会边缘人对各阶段博弈获得收益的历史记忆强度; 社会分配体制, 如造成收入差距过大的社会

分配体制的持续时期、社会稀缺性资源的价值和强势群体的资源分配比例;社会治安防范体系,如实施报复社会的犯罪行动的成功可能性、社会边缘人实施报复社会需要自身付出的犯罪成本、无辜社会人群等社会损害成本;个体心理特征,如社会边缘人对收益差距的敏感程度等。

其次,针对较短时期内全国各地密集发生数起校园恶性突发事件的扩散现象,根据命题 3,社会边缘人采取反社会报复策略的扩散速度,取决于社会边缘人对收益差距的敏感程度、成功实施报复社会犯罪行动的后验概率、无辜社会人群的受害人数、各类媒体报道和有关教育管理部门应急措施决定的反社会报复策略被观察模仿到的概率、有关教育管理部门采取应急管理措施的时机等因素。

根据上述结论,为了有效预防和控制校园恶性突发事件,需要从以下四个层面上加以统筹考虑,广泛地动员社会各种力量实行社会综合治理。第一,根据命题 2,从社会治安防范体系和犯罪分子个体心理特征等角度,分析犯罪分子的心理特征、制定加强校园周边安全保卫等应急管理措施,完善应急预案,“打到犯罪分子不敢对孩子下手,防到犯罪分子不能对孩子下手”;第二,进一步从问题产生的社会根源入手,从社会分配制度角度剖析校园恶性突发事件的发生机理。在城郊农村占用耕地、矿产资源开发、城市住房拆迁、工程项目选址等社会资源和利益再分配过程中,从制度设计上保障和增加社会弱势群体(尤其是社会边缘人)的收入分配;第三,根据(16)式,建立并完善基层组织的社会矛盾排查机制和矛盾调解机制、社会救助机制(即增加弱势群体的社会资本),建立“社会安全阀”。即使社会弱势群体面临着利益受损和持续恶化的状况,也将会在体制内寻求合法的解决途径,而不会铤而走险采取非理性的反社会行为规则;第四,根据命题 3,各类媒体宣传报道有关事件的侧重点,以及有关教育管理部门采取的应急措施和时机,两者需要相互衔接、统筹部署,既要准确、及时、客观地报道有关事件充分保证公众的知情权,又要综合考虑各种复杂的潜在影响,积极配合有关教育管理部门采取的强力措施,共同严厉打击犯罪分子的极端行为,有效防范校园恶性突发事件通过不适当的宣传报道进而产生“心理传染”效应。

## 参考文献

- [1] 王二平. 基于公众态度调查的社会预警系统[J]. 中国科学院院刊, 2006, 21(2): 125-131.  
Wang E P. Social monitoring system based on public attitudes survey[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2006, 21(2): 125-131.
- [2] 刘德海. 政府不同应急管理模式下群体性突发事件的演化分析[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(11): 1968-1976.  
Liu D H. Evolutionary analysis of unexpected incident involving mass participation under different governmental emergency management models[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2010, 30(11): 1968-1976.
- [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 D H. Evolutionary game analysis of governmental opportunism behavior in unexpected incidents involving mass participation[J]. Chinese Journal of Management Science, 2010, 18(1): 175-183.
- [4] 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.  
Luo C L, Li X Y. Analysis on mass emergency and its evolutive mechanism[J]. China Soft Science, 2009(6): 163-171.
- [5] Brandeuburger A M, Nalebuff B J. Coopetition[M]. New York: Doubleday Dell Publishing, 1996.
- [6] Gurr T R. Why Men Rebel[M]. Princeton: Princeton University Press, 1971.
- [7] 于建嵘. 社会泄愤事件中群体心理研究: 对“瓮安事件”发生机制的一种解释[J]. 北京行政学院学报, 2009(1): 1-5.  
Yu J R. A study on group psychology in incidents of people's venting their anger upon society[J]. Journal of Beijing Administrative College, 2009(1): 1-5.
- [8] 张荆红. 社会边缘人: 价值主导型群体事件的积极参与者——基于 SS 事件的分析[J]. 学习与探索, 2011, 193(2): 88-91.  
Zhang J H. Social marginal man: The active participant of value dominant mass event[J]. Study & Exploration, 2011, 193(2): 88-91.
- [9] 王春光. 城市化中的社会边缘人[N]. 21 世纪经济报道, 2004-03-22.  
Wang C G. Social Marginal Man in Urbanization[N]. 21st Century Business Herald, 2004-03-22.
- [10] Maslow A H. A theory of human motivation[J]. Psychological Review, 1943, 50(4): 370-396.
- [11] Weibull J W. Evolutionary Game Theory[M]. MIT Press, Boston, MA, 1995.
- [12] Stahl D. Rule learning in symmetric normal-form games: Theory and evidence[J]. Games and Economic Behavior, 2000, 32(1): 105-138.
- [13] Josephson J. A numerical analysis of the evolutionary stability of learning rules[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2008, 32(5): 1569-1599.
- [14] Gagne R. The Conditions of Learning[M]. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970.

- [15] Heller D. An evolutionary approach to learning in a changing environment[J]. *Journal of Economic Theory*, 2004, 114(1): 31–55.
- [16] Liu D H, Wang W G. Why is replicator dynamic model fit for social evolutionary problems? A pipelining enter and exit explanation[J]. *Journal of Information and Computational Science*, 2007, 4(4): 1185–1196.
- [17] Piaget J. *Science of Education and the Psychology of the Child*[M]. New York: Viking Press, 1971.
- [18] 刘德海, 王维国. 如何控制群体性突发事件? 一个可变结构演化博弈模型分析 [C]//昆明: 第 27 届中国控制会议论文集, 2008: 817–821.  
Liu D H, Wang W G. How to control public emergencies? An alterable-structure evolutionary game model analysis[C]// Kunming: Proceedings of the 27th Chinese Control Conference, 2008: 817–821.
- [19] Aoki M. *Towards a Comparative Institutional Analysis*[M]. Boston: Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- [20] Bethwaite J, Tompkinson P. The ultimatum game and non-selfish utility functions[J]. *Journal of Economic Psychology*, 1996, 17(2): 259–271.
- [21] Smith J M. *Evolution and the Theory of Games*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- [22] Sethi R. Strategy-specific barriers to learning and nonmonotonic selection dynamics[J]. *Games and Economic Behavior*, 1998, 23(2): 284–304.
- [23] 刘德海. 信息交流在群体性突发事件处理中作用的博弈分析 [J]. *中国管理科学*, 2005, 13(3): 95–102.  
Liu D H. The role of communication in the mass unexpected incident management[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2005, 13(3): 95–102.