

doi: 10.11731/j.issn.1673-193x.2024.02.019

从众效应下建筑施工安全激励机制演化博弈研究^{*}

邹林佳 张 静

(西南交通大学 经济管理学院 四川 成都 610031)

摘要:为有效提高建筑施工安全系数、降低安全事故发生率,结合建筑施工领域以及建筑工人群体结构特点,基于从众心理和激励机制构建管理者和建筑工人安全行为监管演化博弈模型,并采用数值仿真法分析从众效应对激励机制作用效果的影响。研究结果表明:激励机制作用效果与从众效应强度、从众效应价值显著相关;正负向激励措施对从众效应下的工人积极安全行为均有正向促进作用,正向激励效果更显著;激励机制作用效果在不同从众效应强度和从众效应价值组合下变化,根据具体情况及时调整激励力度可达到激励机制作用最大化、利益最大化的效果。研究结果可为制定更加合理有效的建筑施工安全激励机制提供理论依据。

关键词:施工安全;从众效应;激励机制;演化博弈

中图分类号:X947 文献标志码:A 文章编号:1673-193X(2024)-02-0138-07

Study on evolutionary game of incentive mechanism for construction safety under herd effect

ZOU Linjia ,ZHANG Jing

(School of Economics and Management ,SouthWest JiaoTong University ,Chengdu Sichuan 610031 ,China)

Abstract: In order to effectively improve the safety factor of construction and reduce the incidence of safety accidents ,combined with the characteristics of construction field and construction workers group structure ,an evolutionary game model on the safety behavior supervision of managers and construction workers was constructed based on the herd psychology and the incentive mechanism ,and the numerical simulation was used to analyze the influence of the herd effect on the incentive mechanism. The results show that the effect of incentive mechanism is significantly related to the strength and value of herd effect. Both the positive and negative incentive measures have positive promotion effect on the positive safety behavior of workers under the herd effect ,and the positive incentive effect is more significant. The effect of incentive mechanism changes under different strength and value combination of herd effect. The effect of incentive mechanism maximization and benefit maximization can be achieved by adjusting the intensity of incentive measures in time according to specific circumstances. The results provide a theoretical basis for developing a more reasonable and effective construction safety incentive mechanism.

Key words: construction safety; herd effect; incentive mechanism; evolutionary game

0 引言

中华人民共和国住房和城乡建设部发布的房屋市政工程生产安全事故报告显示,建筑业生产安全事故发生次数、死亡人数持续攀升,2015—2020年平均每年发生660起安全事故,平均每年安全事故死亡772人^[1]。综合各阶段事故致因理论可知:人的不安全行为是造成

事故的直接原因,也是事故发生的主要原因^[2]。面对日益严峻的安全生产形势,对建筑工人安全行为采取积极监管措施是降低生产安全事故发生率的关键。

激励机制作为监管过程中的常见手段,能够有效提高建筑工人安全行为自主性,引导和矫正工人行为选择^[3-5]。本质上,激励机制作用于管理者监管行为选择和工人安全行为选择这一动态博弈过程中,通过激励措

收稿日期: 2023-10-16

* 基金项目:四川省哲学社会科学重点研究基地“社会发展与社会风险控制研究中心”2020年度课题(SR20A16);四川应用心理学研究中心科研项目(CSXL-182006)

作者简介:邹林佳,硕士研究生,主要研究方向为工程管理、建筑安全。

通信作者:张静,博士,讲师,主要研究方向为工程管理、建筑安全。

施改变工人安全行为收益,引起工人行为的动态演化。根据表现形式,激励机制分为正向激励和负向激励。正向激励给予被激励者物质或精神上的额外收益,以激发、引导、保持和规范其特定行为;负向激励通过对被激励者物质或精神方面造成额外损失,来抑制、打压、弱化其特定行为。管理者根据工人安全行为采取相应激励措施,一方面,通过负向激励减少工人消极安全行为收益,抑制工人消极安全行为;另一方面,通过正向激励增加工人积极安全行为收益,促进工人积极安全行为,达到控制工人安全行为的目的。早期,建筑工人安全行为的激励机制研究主要采用总结实际经验、收集实证数据等定性、静态的研究方法^[6-8],缺乏对激励机制作用下工人安全行为动态转变过程的阐述。演化博弈以参与群体为研究对象,分析动态的演化过程,解释群体为何以及如何达到目前状态。因此,构建激励机制下管理者和建筑工人安全行为监管演化博弈模型有助于分析激励机制对工人安全行为选择的动态作用机理。陈艳等^[9]构建动态激励下工人消极安全行为演化博弈模型,对比分析正向和负向激励措施单独使用的效果,发现负向激励措施效果更显著。叶贵等^[10]在此基础上考虑同时实施正负向激励措施对工人消极安全行为的影响。

然而,上述研究均未深入结合国内建筑工人群体结构特点,忽略封闭式群体结构下强烈从众心理对工人安全行为的影响^[11]。根据 Banerjee^[12]提出的从众行为理论,个体跟随和模仿他人行为在信息不对称和预期不确定性的情况下是理性的选择。施工过程中,工人群体文化程度较低、安全意识薄弱,还需面对复杂的施工环境、繁琐的施工过程以及自身行为带来的不确定性风险,高度符合从众行为理论所提出的情况特征。另外,从众行为中被观察行为主体的数量和质量是影响从众行为发生的重要因素^[13]。而工人群体在学习技艺时依靠“师带徒”模式进行模仿学习,在建筑施工过程中以班组形式展开工作,使得工人群体间互动交流密切、行为习惯相互影响,进一步表明工人群体易产生强烈的从众心理。社会学习理论认为人有2种行为学习动机:一是一个人学习,基于收益不断更新学习;二是社会学习,受从众心理影响模仿群体中多数人的行为^[14]。激励机制作用于工人收益,进而影响其安全行为选择,属于前者。而根据社会学理论,从众心理作为另一种行为学习动机,直接影响工人行为选择。因此,激励机制作用效果必受从众心理影响。

综上,本文结合建筑施工领域以及建筑工人群体结构特点,基于从众心理和激励机制构建管理者和建筑工人安全行为监管演化博弈模型,引入从众效应对期望收益进行修正,并采用数值仿真法分析从众效应下激励机

制对建筑工人安全行为选择的作用效果,以期为制定更加合理有效的建筑施工安全激励机制提供理论依据。

1 博弈模型假设与构建

由于建筑施工过程繁杂、环境不确定性等因素,建筑工人和管理者2个博弈群体都具有有限理性特征,且双方均只有2种演化策略选择。建筑工人的策略集合为(积极安全行为,消极安全行为),选择积极安全行为表示工人重视安全并采取符合规定和要求的行为措施、关注施工过程中可能存在的安全隐患并积极上报管理者;反之,消极安全行为则表现为工人安全意识薄弱、忽视安全隐患并采取不符合安全规范要求的行为措施等。其中,工人选择积极安全行为的概率为 x ,消极安全行为的概率为 $(1-x)$ 。管理者的策略集合为(积极监管,消极监管),加强监督管理强度使得工人消极安全行为被发现的概率增大,且管理者能及时处理工人反馈的安全隐患,营造更安全的建筑施工氛围。假设管理者选择积极监管行为的概率为 y ,选择消极监管行为的概率为 $(1-y)$ 。根据实际情况并结合相关文献,本文作如下假设。

假设1:假设建筑工人选择积极安全行为需要付出额外成本 C_1 ,管理者选择积极监管付出额外成本 C_2 。当双方都倾向于重视安全时,施工安全程度最高,在不影响博弈结论的情况下,假设安全风险成本为0。双方都不重视安全时,施工安全程度最低,安全事故的发生概率为 p ,工人承担安全风险成本为 L ,管理者承担安全风险成本 kL (k 为风险传递系数)。仅有一方选择重视安全时,施工安全程度降低,双方承担折扣后的安全风险成本。当只有管理者重视安全、选择积极监管时,安全事故风险的折扣系数为 h ;当只有工人重视安全选择积极安全行为时,安全事故风险的折扣系数为 g 。作为施工当事人,工人主动选择积极安全行为时安全效果更好,因此,折扣系数存在关系为 $g < h$ 。

假设2:本文引入从众效应量化方程对建筑工人期望收益进行修正^[15]。假设从众效应价值为 β ,权重 μ 表示从众效应价值 β 的重要性,即从众效应强度。修正后的期望收益 E'_i 由原期望收益 E_i 和从众效应2部分组成,如式(1)所示:

$$E'_i = (1 - \mu) E_i + \mu \beta \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

在工人群体间,从众效应价值 β 随着选择同一行为策略的工人数量增加而增加,因此,该假设中 β 可用工人某行为策略的概率^[16]表示为 x 或 $(1-x)$ 。

假设3:早期,管理者和建筑工人的安全意识较低,二者行为更倾向于不重视安全。并且,由于过度自信、认知惰性、充面子心理等因素,工人群体间消极安全行

为更为常见并逐渐成为群体规范^[17]。因此,当工人采取积极安全行为时,因违反群体规范付出成本 N ; 当工人选择消极安全行为时,因遵守群体规范获得归属感等心理收益 M 。

假设 4: 管理者监督建筑工人行为, 并根据工人行为采取激励措施。假设建筑工人选择积极安全行为策略时可获得正向激励 R , 如奖金、荣誉称号等; 当建筑工人选择消极安全行为时存在一定被发现的概率并受到管理者的负向激励 S , 如罚款、批评等。工人消极安全行为被发现的概率根据管理者行为选择变化: 管理者积极监管时, 工人被发现的概率为 p_1 , 消极监管时被发现的概率为 p_2 , $p_1 > p_2$ 。另外, 管理者工作也受到上层监督, 假设管理者选择消极监管时被发现的概率为 p_3 并受到惩罚 Q 。当管理者和工人同时重视安全, 分别选择积极监管和积极安全行为时, 管理者因施工现场安全状态良好受到额外奖励 W 。

基于上述假设与分析, 构建建筑工人与管理者的演化博弈模型, 得到收益矩阵如表 1 所示。

表 1 建筑施工安全监管收益矩阵

Table 1 Income matrix of construction safety supervision

建筑工人	管理者	
	积极监管 y	消极监管 $(1-y)$
积极安全行为 x	$-C_1 + R - N$,	$-C_1 + R - pgL - N$,
	$-C_2 + W$	$-pkgL - p_3Q$
消极安全行为 $(1-x)$	$-phL - p_1S + M$,	$-pL - p_2S + M$,
	$-C_2 - pkhL$	$-pkL - p_3Q$

2 模型分析与求解

根据进化博弈理论和博弈支付矩阵, 令建筑工人在积极安全行为和消极安全行为 2 种情景下的期望收益为 E_{A_1} 和 E_{A_2} , 建筑工人群体平均期望收益 \bar{E}_A , 如式(2)所示:

$$J = \begin{bmatrix} 6\mu x(1-x) + (1-\mu)\{2x[-C_1 - N + R - gLp(1-y)] + (1-\mu)\{[-hLp - p_1S)y + (-Lp - p_2S)(1-y)\}\} \\ y(1-y)[kLp(g+h-1) + W] \end{bmatrix}$$

将局部均衡点分别带入雅可比矩阵的行列式和迹中, 由稳定性判断规则可知: 当 $\det(J) > 0$ 、 $\text{tr}(J) < 0$ 时, 该局部均衡点能够达到稳定策略(ESS)。 (x^*, y^*) 代入到 $\det(J)$ 和 $\text{tr}(J)$ 中无法判断其正负, 采用微分法进行判断, 结果为鞍点。其他各个局部均衡点处对应的行列式 $\det(J)$ 和迹 $\text{tr}(J)$ 值如表 2 所示。博弈系统的策略组合情况如表 3 所示。

所示:

$$\begin{cases} E_{A_1} = (-C_1 + R - N)y + (-C_1 + R - pgL - N)(1-y) \\ E_{A_2} = (-phL - p_1S + M)y + (-pL - p_2S + M)(1-y) \\ \bar{E}_A = xE_{A_1} + (1-x)E_{A_2} \end{cases} \quad (2)$$

考虑从众心理对建筑工人的影响, 引入从众效应量化方程, 修正后的期望收益如式(3)所示:

$$\begin{cases} E'_{A_1} = (1-\mu)E_{A_1} + \mu x \\ E'_{A_2} = (1-\mu)E_{A_2} + \mu(1-x) \\ \bar{E}'_A = xE'_{A_1} + (1-x)E'_{A_2} \end{cases} \quad (3)$$

管理员采取积极监管和消极监管的期望收益 E_{B_1} 、 E_{B_2} 以及平均期望收益为 \bar{E}_B , 如式(4)所示:

$$\begin{cases} E_{B_1} = (-C_2 + W)x + (-C_2 - pkhL)(1-x) \\ E_{B_2} = (-pkgL - p_3Q)x + (-pkL - p_3Q)(1-x) \\ \bar{E}_B = yE_{B_1} + (1-y)E_{B_2} \end{cases} \quad (4)$$

得到工人安全行为的复制动态方程 $F(x)$ 、管理者监管行为的复制动态方程 $F(y)$, 如式(5)~(6)所示:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(1-x)\{\mu(2x-1) + (1-\mu)[-C_1 - N - M + R + p_2S + (p_1 - p_2)Sy + Lp(1-g) + Lp(g+h-1)y]\} \quad (5)$$

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[-C_2 + p_3Q + Wx + kLp(1-h) + kLp(g+h-1)x] \quad (6)$$

令 $F(x) = 0$ 、 $F(y) = 0$, 可得管理者和建筑工人安全行为监管演化博弈系统的 5 个均衡点, 分别是 $(0, 0)$ 、 $(1, 1)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 以及 (x^*, y^*) 。依据 Friedman 提出的系统演化博弈稳定策略运算方法, 通过系统雅可比矩阵的局部稳定性分析可得该演化博弈的稳定策略(ESS)。分别对 $F(x)$ 、 $F(y)$ 求关于 x 、 y 的一阶偏导数, 该系统的雅可比矩阵 J 如式(7)所示:

$$J = \begin{bmatrix} x(1-x)(1-\mu)[Lp(g+h-1) + (p_1 - p_2)S] \\ (2y-1)\{C_2 - p_3Q - Wx - kLp[(1-h) + x(g+h-1)]\} \end{bmatrix} \quad (7)$$

由表 3 可知, 管理者的行为选择主要受到积极监管和消极监管相对期望收益的影响。当相对期望收益为负时, 管理者更倾向于消极监管; 相对期望收益为正时, 管理者选择积极监管。相较于管理者只受相对期望收益的影响, 工人的安全行为选择还与从众效应有关。一方面, 相对期望收益的正负影响工人行为选择, 安全风险成本、正负向激励措施、积极安全行为成本、违反群体

表2 各均衡点稳定性分析

Table 2 Stability analysis of each equilibrium point

均衡点	$\det(\mathbf{J}) > 0$	$\text{tr}(\mathbf{J}) < 0$
(0,0)	$[-\mu + (1-\mu) D_1]D_3$	$[-\mu + (1-\mu) D_1] + D_3$
(0,1)	$-[-\mu + (1-\mu) D_2]D_3$	$[-\mu + (1-\mu) D_2] - D_3$
(1,0)	$[-\mu - (1-\mu) D_1]D_4$	$[-\mu + (1-\mu) D_1] + D_4$
(1,1)	$-[-\mu - (1-\mu) D_2]D_4$	$[-\mu - (1-\mu) D_2] - D_4$

注: $D_1 = (1-g)Lp + R + p_2S - (C_1 + N + M)$, $D_2 = hLp + R + p_1S - (C_1 + N + M)$ 分别表示管理者消极监管和积极监管 2 种情况下, 工人选择积极安全行为和消极安全行为的相对期望收益; $D_3 = (1-h)kLp + p_3Q - C_2$, $D_4 = gkLp + W + p_3Q - C_2$ 分别表示工人选择积极安全行为和消极安全行为时, 管理者选择积极监管和消极监管的相对期望收益, 下同。

规范的成本等因素对相对期望收益的正负产生影响。通过加强激励力度使相对期望收益偏向正值, 促进工人积极安全行为选择, 这验证了激励机制对工人安全行为的作用效果。另一方面, 当从众效应达到一定值时, 相对期望收益的正负不再是唯一评判标准。当从众效应的效益大于相对期望收益时, 工人跟随他人行为, 选择与相对期望收益结果相反的安全行为。其中, 从众效应的效益大小受到从众效应强度和从众效应价值 2 部分的影响。

3 数值仿真

为更加直观地了解博弈双方策略选择变化, 探究激励机制在不同从众效应下对建筑工人行为策略选择的

表3 博弈系统的策略组合情况

Table 3 Strategy combination situation of game system

序号	均衡点	情形	稳定策略组合
1	(0,0)	$D_1 > 0, \mu > (1-\mu) D_1, D_3 < 0$ 或 $D_1 < 0, D_3 > 0$	(消极安全行为, 消极监管)
2	(0,1)	$D_2 > 0, \mu > (1-\mu) D_2, D_3 > 0$ 或 $D_2 < 0, D_3 < 0$	(消极安全行为, 积极监管)
3	(1,0)	$D_1 < 0, \mu > -(1-\mu) D_1, D_4 < 0$ 或 $D_1 > 0, D_4 < 0$	(积极安全行为, 消极监管)
4	(1,1)	$D_2 < 0, \mu > -(1-\mu) D_2, D_4 > 0$ 或 $D_2 > 0, D_4 < 0$	(积极安全行为, 积极监管)

作用效果, 本文采用 MATLAB 进行演化博弈仿真分析。根据从众效应权重值的大小, 设置低、中、高 3 种强度, 取值分别为 0.3, 0.5, 0.8^[16]。因早期建筑工人和管理者对安全的重视程度不高, 本文将双方初始概率 x, y 设置为(0.2, 0.2)。从众效应价值即为工人选择某一行为的概率, 因此, 将工人积极安全行为的初始概率从 0.2 以 0.2 的步长增至 0.8, 表示从众效应价值的变化, 管理者初始概率一同变化。为方便讨论, 对建筑工人和管理者的安全付出成本设置为 1, 初始风险成本 L 为 1。根据实际薪酬、奖惩比例, 本文将管理者奖惩值和工人激励力度初始值皆设置为 1, 为更好地比较激励措施的作用效果, 工人的激励措施从初始值 1 以 2 的步长增至 5^[10]。同时, 管理者必须遵守管理责任制, 承担安全事故责任, 设置风险传递系数 k 为 1。另外, 根据 Heinrich 理论的 1:300 原则, 设置 p 为 0.03。参考工程实际情况以及文献[10, 17]设置, 剩余参数赋值情况如表 4 所示。在不同从众效应强度和从众效应价值组合下, 激励力度变化对工人行为选择的影响如图 1~3 所示。

1) 从众效应对激励机制作用效果

由图 1~3 中可知, 其他条件不变, 正负激励措施激励力度需达到一定值才能使工人安全行为演化曲线趋向于 1, 且随着激励力度增加, 倾向于 1 的工人安全行为

表4 参数赋值

Table 4 Parameter assignment

参数	g	h	p_1	p_2	p_3	N	M
初始值	0.4	0.6	0.6	0.2	0.2	0.75	0.75

演化曲线收敛速度加快。相同激励力度下, 正向激励措施比负向激励措施作用效果更佳。正向激励力度增强使工人积极安全行为期望收益值增大, 相对期望收益偏向正值, 促进工人积极安全行为选择。同理, 负向激励措施激励力度的增大使得工人消极安全行为收益减少, 相对期望收益增大偏向正值, 工人更倾向于积极安全行为。这表明具有合适激励力度的激励机制对从众效应下工人安全行为具有正向影响。但因消极安全行为存在一定被发现的概率, 相较于可能受到的负向惩罚, 保持积极安全行为一定能得到的正向激励对工人影响更大。

2) 从众效应对激励机制的影响

由图 1~3 中可知, 在低、中、高 3 种从众效应强度下, 激励机制的作用效果发生变化, 最终影响工人安全行为的演化趋势。当工人积极安全行为的初始概率为 0.2, 0.4 时, 随着从众效应强度增加, 相同激励力度的正负向激励措施对工人安全行为演化趋势的影响效果

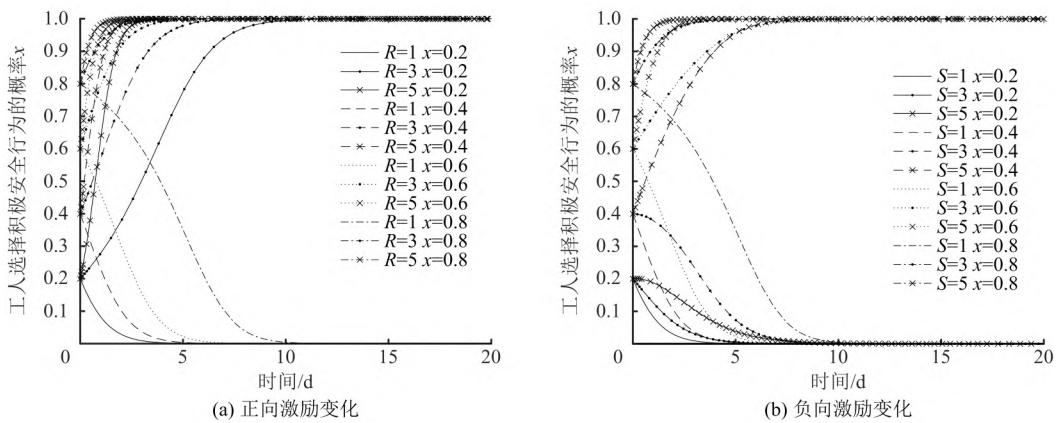


图1 低强度从众效应下正负向激励改变后的工人安全行为演化曲线

Fig. 1 Evolution curves of workers' safety behavior after changing positive and negative incentive under low-intensity herd effect

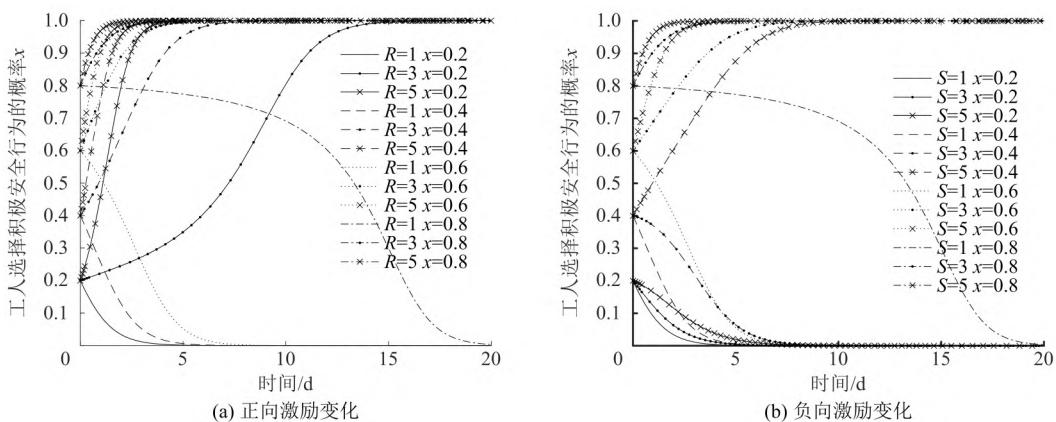


图2 中强度从众效应下正负向激励改变后的工人安全行为演化曲线

Fig. 2 Evolution curves of workers' safety behavior after changing positive and negative incentive under medium-intensity herd effect

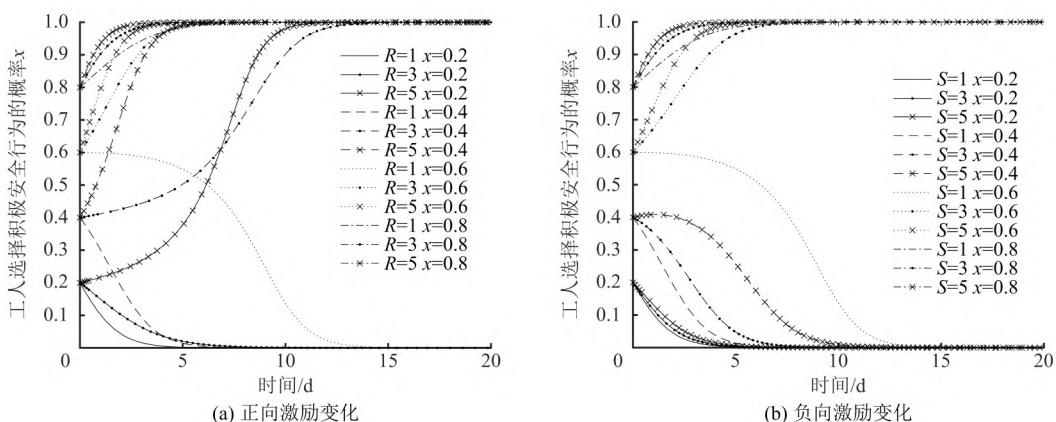


图3 高强度从众效应下正负向激励改变后的工人安全行为演化曲线

Fig. 3 Evolution curves of workers' safety behavior after changing positive and negative incentive under high-intensity herd effect

减弱。低从众效应强度时,工人安全行为演化曲线收敛于1;高从众效应强度下,收敛于的1速度减弱或最终收

敛于0,工人选择消极安全行为。相反,当工人积极安全行为的初始概率为0.6或0.8时,从众效应强度的增加使

同等激励力度的激励措施效果更加显著。在高从众效应强度下,工人安全行为演化曲线收敛于1的速度相较于低从众效应强度更快。

初期,工人群体安全意识较低,工人积极安全行为概率低、消极安全行为概率高,即在同等从众效应强度下,消极安全行为的从众效应价值更高,工人更易跟随他人消极安全行为。此时,高强度的从众效应需要设置更高力度的激励机制才能达到控制工人安全行为的效果。相反,当初始积极安全行为概率更高时,在同等从众效应强度下,积极安全行为的从众效应价值更高,工人群体更倾向于跟随积极安全行为。高强度的从众效应反而给激励机制带来益处,较低的激励力度足以促进工人安全行为选择。因此,根据不同的从众效应环境对激励机制进行调整是有必要的。

4 结论

1) 工人群体的安全行为选择对建筑施工现场安全状态影响重大,本文运用演化博弈模拟激励措施实施下管理者和工人行为选择路径,对激励措施作用效果进行分析,并结合工人群体从众特性使得演化过程更贴近现实,有利于完善和改进现有激励机制,纠正工人安全行为选择和安全行为意识,降低安全事故发生几率,提高建筑施工安全系数。

2) 研究结果表明,正负向激励措施均对从众效应下的工人安全行为选择有正向促进作用,适当提高激励力度效果更佳。且正向激励措施比负向激励措施激励效果更加显著。因此,在现实中应多采取正向激励措施,例如设置每周安全之星、月度安全班组等荣誉,并发放奖金、生活物资等奖励。

3) 研究发现,激励效果与从众效应强度、从众效应价值显著相关。受不同从众效应强度和从众效应价值的组合影响,激励机制的作用效果有所不同。在不同从众效应情景下,根据具体情况对激励措施的激励力度进行调整,能充分发挥激励机制作用,同时,节省安全资金投入。如高从众效应强度、低积极安全行为概率时应加大激励力度,高从众效应强度、高积极安全行为概率时可适当降低激励力度,节省安全资金投入。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.住房和城乡建设部办公厅关于2020年房屋市政工程生产安全事故情况的通报[EB/OL].(2021-05-27)[2022-10-27].https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zhengce/zhengcefilelib/202210/20221026_768565.html.
- [2] 牛聚粉.事故致因理论综述[J].工业安全与环保,2012,38(9):45-48.
- NIU Jufen. Discussion on accident-causing theory [J]. Industrial

Safety and Environmental Protection, 2012, 38(9): 45-48.

- [3] SHEN J, LI H X. The effect of organizational safety behavior on builders autonomous safety behavior—the mediation of builders safety psychological capital [J]. International Journal of Structural and Civil Engineering Research, 2020, 9(2): 149-155.
- [4] HAN Y, LI J, CAO X L, et al. Structural equation modeling approach to studying the relationships among safety investment, construction employees' safety cognition and behavioral performance [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2020, 146(7): 04020065.
- [5] ZULKEFLI F, ULANG N, BAHARUM F. Construction health and safety: effectiveness of safety incentive programme [J]. SHS Web of Conferences, 2014, 11: 01012.
- [6] GHASEMI F, MOHAMMADFAIM I, SOLTANIAN A, et al. Surprising incentive: an instrument for promoting safety performance of construction employees [J]. Safety and Health at Work, 2015, 6(3): 227-232.
- [7] 叶贵,陈梦莉,汪红霞.建筑工人不安全行为意向TPB修正模型研究[J].中国安全科学学报,2015,25(1):145-151.
- YE Gu, CHEN Mengli, WANG Hongxia. Study on modified TPB model for construction workers unsafe behavioral intention [J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(1): 145-151.
- [8] SPARER E, DENNERLEIN J. Determining safety inspection thresholds for employee incentives programs on construction sites [J]. Safety Science, 2013, 51(1): 77-84.
- [9] 陈艳,吕云翔,柴访,等.动态激励视角下建筑工人不安全行为演化博弈分析[J].安全与环境工程,2020,27(1):197-203.
- CHEN Yan, LYU Yunxiang, CHAI Fang, et al. Evolutionary game analysis of unsafe behavior of construction workers from the perspective of dynamic incentives [J]. Safety and Environmental Engineering, 2020, 27(1): 197-203.
- [10] 叶贵,杨丽萍,李学征,等.奖惩对建筑工人安全行为演化的正向效应研究[J].安全与环境学报,2022,22(1):201-210.
- YE Gui, YANG Liping, LI Xuezheng, et al. Study on the positive effect of rewards and punishments on the evolution of construction workers' safety behavior [J]. Journal of Safety and Environment, 2022, 22(1): 201-210.
- [11] 韩豫,梅强,周丹,等.群体封闭性视角下的建筑工人不安全行为传播特性[J].中国安全生产科学技术,2016,12(3):187-192.
- HAN Yu, MEI Qiang, ZHOU Dan, et al. Propagation characteristics of unsafe behaviors for construction workers from the perspective of group closeness [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2016, 12(3): 187-192.
- [12] BANERJEE A. A simple model of herd behavior [J]. The Quarterly Journal of Economics, 1992, 107(3): 797-817.
- [13] BIKHCHANDANI S, SHARMA S. Herd behavior in financial markets [J]. IMF Staff Papers, 2000, 47(3): 279-310.
- [14] MESOUDI A. An experimental comparison of human social learning strategies: payoff-biased social learning is adaptive but underused [J]. Evolution and Human Behavior, 2011, 32(5): 334-342.
- [15] SKYRMS B. Dynamics of conformist bias [J]. The Monist, 2005, 88

- (2) : 260-269.
- [16] 陈洋,李爽,张宇航,等.基于演化博弈的不安全行为的羊群效应研究[J].技术经济,2020,39(2):144-155.
CHEN Yang,LI Shuang,ZHANG Yuhang,et al. Research on herding effect in unsafe behavior based on evolutionary game [J]. Technology Economics,2020,39(2):144-155.
- [17] 周国华,张羽,李延来,等.基于前景理论的施工安全管理行为
+ + + + +
- 演化博弈[J].系统管理学报,2012,21(4):501-509.
ZHOU Guohua,ZHANG Yu,LI Yanlai,et al. Evolutionary game analysis of the behavior of construction safety management based on prospect theory [J]. Journal of Systems & Management,2012,21(4):501-509.

(责任编辑:李树芳)

中国安全生产科学研究院赴内蒙古自治区开展调研交流

为了进一步强化和提升中国安全生产科学研究院(以下简称“中国安科院”)科技创新能力,加强对安全生产治本攻坚三年行动的技术支撑保障,中国安科院党委书记、副院长张瑞新率队赴内蒙古自治区呼和浩特市、包头市走访调研,与内蒙古自治区应急管理厅党委书记、厅长常志刚和包头市委副书记、市政府党组书记、市长张锐等领导同志进行了深刻交流,就发展和深化全面战略合作、提升应急管理和共建平安城市达成共识。

中国安科院一行先后与内蒙古自治区应急管理厅、国家矿山安全监察局内蒙古局和包头市应急管理局座谈交流,内蒙古自治区应急管理厅党委委员、副局长冀文明,国家矿山安全监察局内蒙古局党组书记、局长刘海红和包头市应急管理局党委书记、局长赵永文分别主持座谈会。鄂尔多斯市应急管理局马宝荣局长参加了自治区应急厅的座谈会。

2024年2月1日下午,在与内蒙古自治区应急管理厅交流座谈会上,中国安科院的专家们详细介绍了中国安科院的总体情况及在内蒙古自治区矿山、危险化学品、信息化、城市安全等方面开展的有关工作。内蒙古自治区应急厅的领导和各相关部门负责人详细介绍了自治区安全生产和应急管理整体情况及矿山、危化、工商贸及科技、信息化等方面的需求。双方围绕“科学技术服务促进安全生产工作”进行了广泛深入探讨,就提升内蒙古自治区矿山、危险化学品、信息化和应急救援专业队伍等相关行业领域应急管理和水平,促进安全生产风险防控和应急救援等技术装备的应用及服务支撑保障等重点难点问题展开讨论。双方就签署战略合作协议,强化沟通机制,建立研究机构,开展业务合作,切实防范重特大事故发生等方面达成共识。中国安科院将与内蒙古应急厅建立长效机制,充分发挥中国安科院在科技、人才和专业方面的优势,快速提升内蒙古应急管理能力现代化水平。

2024年2月2日上午,在与国家矿山安全监察局内蒙古局座谈会上,双方围绕落实矿山安全监管责任、加强矿山智能化信息化建设等内容开展深入交流,中国安科院专家介绍了安科院的总体情况、科研实验能力及重点建设工程,内蒙古局的领导及各相关部门负责人介绍了内蒙古矿山安全的整体情况及安全科技需求。双方一致同意将充分发挥各自在政策标准引领、技术创新研发、成果转化应用等方面的优势,加强矿山信息化智能监察,加强露天矿山联网监察方面的合作,合力推动内蒙古矿山高质量发展与高水平安全。

2024年2月2日下午的座谈交流会上,包头市应急管理局领导及相关处室负责同志介绍了包头市整体情况,中国安科院专家介绍了安科院基本情况及业务合作情况。与会人员重点围绕安全发展示范城市建设,防范非煤矿山、危险化学品、烟花爆竹、金属冶炼、涉爆涉粉等重点行业、领域企业安全风险,加强重点难点问题安全科技支撑等相关工作进行了深入交流和讨论。双方将加强战略合作,提升科技创新能力,运用大数据、智能化手段,提高本质安全水平,加快推进基层应急管理体系和能力现代化建设,推动安全生产治本攻坚三年行动方案有效实施。

内蒙古自治区应急管理厅相关领导及处室负责人,国家矿山安全监察局内蒙古局相关领导及处室负责人,包头市应急管理局相关领导及处室负责人,中国安全生产科学研究院办公室、科技部、矿山所、应急救援勘测队的专家参加了座谈交流。

下一步,中国安科院将与内蒙古应急系统建立能充分发挥各自优势资源的合作机制,并有计划地开展联合攻关,全力推动和落实安全生产治本攻坚三年行动取得显著成效,为全国应急管理体系和能力现代化建设提供更多更有效的创新性成果。

信息来源:中国安科院网站