

文章编号:1007-5429(2016)01-0109-08

建设项目的安全公民行为对安全绩效影响研究

何清华, 陈 震, 李永奎

(同济大学 经济与管理学院复杂工程管理研究院, 上海 200092)

摘要: 基于建设项目, 构建模型并求解, 在此基础上对结论进行蒙特卡罗模拟验证。研究认为在项目管理方和施工方均无对风险偏好的前提下, 安全公民行为的提升可导致建设项目安全绩效的提升。提高遵守安全管理人员的比例、提高项目管理方和施工方的关联系数、增加安全收益和安全危险的损害均有利于建设项目通过安全公民行为实现建设项目安全绩效。

关键词: 安全公民行为; 安全绩效; 建设项目; 项目施工安全; 项目管理安全

中图分类号: F224

文献标识码: A

The Effect of Safety Citizenship Behavior on Construction Project Safety Performance

HE Qing-hua, CHEN Zhen, LI Yong-kui

(Research Institute of Complex Engineer & Management, School of Economics & Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Based on construction project, construction safety profit model and management safety profit model are developed to calculate respectively, and Monte Carlo simulation is adopted to verify the conclusion. It is assumed that project management side and project construction side are neither risk-inclined. Under this case, improving safety citizenship behavior can lead to the improving safety performance of construction project. To achieve construction project safety performance by safety citizenship behavior, rising the proportion of safety management clients complied rules, and improving the correlation coefficient of project management side and project construction side, and increasing safety profit & hazard damage are beneficial.

Key words: safety citizenship behavior; safety performance; construction project; project construction safety; project management safety

1 引言

建设行业由于施工现场布置复杂、流程复杂、指令复杂等自然特点, 迄今为止仍然是全世界工作风险最大的行业之一^[1]。根据国家安全生产监督管理总局的统计, 2003 年到 2014 年我国建筑业事故次数和死亡人数虽然有所波动, 但没有显著下降的趋

势, 每年死亡人数保持在 300 人~600 人之间。虽然传统安全理论认为, 不安全事故的原因包括物的因素和人的因素, 但统计中国、美国、香港的数据均显示, 在所有建筑业的不安全事故中, 人的因素造成的事故占有事故的 80—90%^[2], 因而建设项目安全的管理, 最重要的是人的管理。然而项目组织安全管理仅靠项目管理方的安全管理监督是不够的, 需要

收稿日期: 2015-04-08; 修回日期: 2015-07-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71390523, 71571137)

作者简介: 何清华(1971-), 浙江东阳人, 教授, 博士, 主要研究方向为项目管理, E-mail: heqinghua@263.net。

项目施工方主动参与安全管理,2003 年 Hofmann 提出安全公民行为(Safety Citizenship Behavior, SCB)的概念,认为安全公民行为是指施工现场人员为了保证其他团队成员安全绩效和项目组织安全绩效实现而产生的一种自愿的个体行为,它不能被传统的奖励系统所直接地或精确地识别,却能有效地提升项目组织效能^[3]。Didla 在此基础上进一步提出,在工作条件外自发帮助其他项目成员和项目组织实现安全改进,这种行为称之为安全公民行为^[4]。安全行为包括两类行为:安全服从行为和安全参与行为。安全服从行为是安全行为的核心,需要行为人遵循安全规章或法律规定旨在维持工作地点安全的行为;安全参与行为是不能直接影响个体安全但是能够帮助其他人保持工作环境安全的行为^[5]。安全行为和安全公民行为的不同在于:① 安全行为是被动的,安全公民行为是个体主动的行为;② 安全行为可以被奖励机制所识别,安全公民行为不能够被奖励机制所识别。有学者认为安全绩效是与安全相关的所有行为的效果的总和^[6],也有学者针对安全顺从行为和安全参与行为两种行为效果的分析,认为安全绩效是安全顺从与安全参与效果的总和^[7],还有学者认为安全绩效是监督者观察到的参与有训练的安全行为的事件^[8]。

近年来学者们对安全行为的理论研究,多采用博弈和演化博弈等方法,将国家安监部门、项目安全监督者和项目安全执行者三者对立,研究其相互之间博弈的利益分配^[9-11]。这种研究基于人都是被动完成安全目标,没有考虑安全亦是偏好安全的人的主动需求对安全绩效产生的影响,使得对项目的安全管理的解释变得不全面。因而安全公民行为日益受到重视。

目前,安全公民行为对安全绩效的影响,绝大部分实证结果均认为其存在积极影响;部分学者认为安全公民行为也存在“过犹不及”的问题^[12],认为其在部分情境下存在消极影响。大多数学者借鉴组织公民行为的作用路径,提出假设并实证了建言(voice)、顺从(compliance)、沟通(communication)等角色外行为的积极作用^[4,7,13,14]。其他学者进一步研究提出安全公民行为的消极作用情境:只有当风险增大时,安全公民行为会使帮助者和受帮助者同处于安全风险中,才不利于安全绩效的实现^[15]。

本文基于建设项目,尝试通过理论建模推导的方式从机理研究安全公民行为对安全行为的作用,从而寻找改进安全绩效的路径,进一步根据变量关系提出

通过安全公民行为提升安全绩效的方法措施。在此基础上,通过仿真的方式,对上述结论加以验证。

2 模型的假设及解释

行为理论认为人的工作行为是角色内行为和角色外行为共同作用的结果,安全公民行为作为组织公民行为的一种,亦属于角色外行为,为简化模型,研究假设安全管理过程中角色外行为有且只包括安全公民行为一种行为,即项目管理方有安全管理的角色内行为,而项目施工方的角色内行为是完成施工目标,安全公民行为是减少安全事故的发生。从行为本身的形成角度,借鉴勒温(Kurt Lewin)行为公式 $B=f(P,E)$, B 指行为的方向和强度, P 指个人的内部动力、内部特征, E 指个人所处的群体环境, f 表示变量间关系的函数,因而在一般的安全行为建模研究对个人的意识驱动(愿不愿意遵守安全行为的利益)因素建模的基础上,还增加了环境驱动(文化、制度环境实施成本)因素。传统的行为研究安全管理相关理论认为安全事故的发生是第一类危险源(物的因素)和第二类危险源(人的因素)共同作用的结果,只有二者同时发生时安全事故则会发生,即二者的交集为安全事故发生的情形,而第一类危险源发生的概率是物本身出现问题的概率,出厂即为确定的常数,不受使用阶段人员行为的影响,故模型中重点强调第二类危险源的作用。

故设项目管理方能够自觉遵守安全管理相关规章制度,因此不考虑政府安监部门对项目管理方的作用,只考虑项目管理方和施工方,做简化处理,认为管理人员只是项目管理方的执行手段之一,其利益与项目管理方利益一致。为研究安全公民行为单变量作用,设项目施工人员会对自身安全公民行为作出调整,由于施工人员安全偏好难以改变,而不会对自身安全行为作出调整。设项目管理成本为 C_1 , 施工人员服从管理成本为 C_2 , 施工人员服从管理的概率为 P_0 , 施工人员的不安全行为被抓住的概率为 P_1 , 施工人员不安全行为造成后果的概率为 P_2 , 第一类危险源发生危险的概率为 P_3 , 而由于 $P_2=(1-P_0-P_1)P_3$, 故设 P_2 即可代替 P_3 , $P_0 \in [0,1]$, $P_1 \in [0,1]$, $P_2 \in [0,1]$ 。施工人员不安全行为被抓住的损失为 L_1 , 施工人员不安全后果的损失 L_2 , 施工人员不安全行为收益为 G , 施工人员安全行为收益为 H , 风险传递系数,即施工人员的安全风险传递给管理人员的概率为 K , $K \in [0,1]$, 组织结构、安全规章的投入 R_1 , 安全文化、安全氛围的投入

R_2 , 有公民行为时施工人员安全风险折减系数为 S , 虽然施工人员间的安全公民行为能使遵守安全的施工人员增多, 但是这个概率不会超过 1, 故隐含条件为 $\frac{P_0}{S} \leq 1$, 即 $P_0 \leq S$ 。

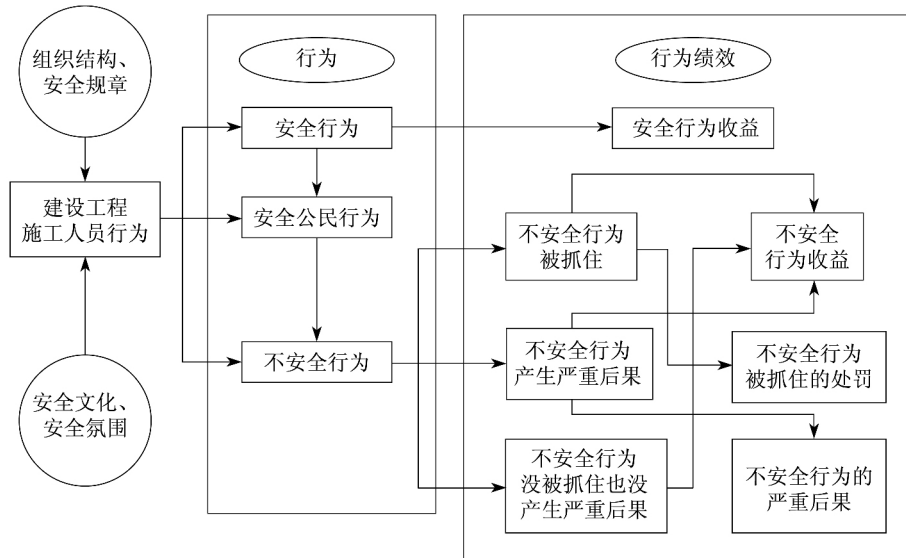


图1 安全行为对安全行为绩效影响路径

当项目组织中无公民行为时, 所有员工总收益:

$$X_1 = -C_2 P_0 - P_1 L_1 - P_2 L_2 + (1 - P_0 - P_1)G + (P_0 + P_1)H \quad (1)$$

此时, 项目组织的收益是:

$$Y_1 = -C_1 + P_1 L_1 - P_2 L_2 K + (P_0 + P_1)HK - R_1 \quad (2)$$

当项目组织中有公民行为时, 所有员工总收益:

$$X_2 = -C_2 \frac{P_0}{S} - P_1 S L_1 - P_2 S L_2 + \left(1 - \frac{P_0}{S} - P_1 S\right)G + \left(\frac{P_0}{S} + P_1 S\right)H \quad (3)$$

此时, 项目组织的收益是:

$$Y_2 = -C_1 + P_1 S L_1 - P_2 S L_2 K + \left(\frac{P_0}{S} + P_1 S\right)HK - R_1 - R_2 \quad (4)$$

基于假设条件, 安全公民行为程度 Z 通过安全风险折减系数 S 影响模型, S^* 指对 S 求导获得的极值点, 由于施工人员内部安全公民行为越多, 施工人员遵循安全规章执行的可能性越大^[15], 故

$$(Z - P_0) \propto \frac{P_0}{S} \propto \frac{1}{S} \quad (5)$$

求所有员工总收益的最佳收益点, 式(3)对 S 求导,

$$\frac{dX_2}{dS} = (C_2 + G - H)P_0 S^{-2} +$$

3 模型的构建及求解

针对微观的安全管理现象^[4,7,16], 结合行为的成因, 构建施工安全收益和管理安全收益模型, 安全公民行为基本实现机制如图1所示。

$$P_1 H - P_1 L_1 - P_2 L_2 - P_1 G \quad (6)$$

式(6)求极值点, 则

$$\frac{dX_2}{dS} = 0, S^* = \pm \sqrt{\frac{(C_2 + G - H)P_0}{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1 G - L_1 H}} \quad (7)$$

为确定 $P_0 \leq S \leq 1$ 的最值, 对(3)求二阶导,

$$\frac{d^2 X_2}{d^2 S} = 2(C_2 + G - H)P_0 S^{-3} \quad (8)$$

在 $P_0 \leq S \leq 1$ 区间, 当 $H - C_2 - G > 0$ 时, $\frac{d^2 X_2}{d^2 S} > 0$, 当 $H - C_2 - G < 0$ 时, $\frac{d^2 X_2}{d^2 S} < 0$ 。

此时, 施工人员面临角色内行为采用不安全行为还是安全行为的选择, 需要分别讨论施工人员安全行为对不安全行为的风险超额收益 $H - G$ 与施工人员服从管理的成本 C_2 二者的关系, 以及部分施工人员实施不安全行为的风险 $P_1 L_1 + P_2 L_2$ 和收益 $C_2 + (1 - P_1)(G - H)$ 二者的关系。其中, $P_1 L_1$ 表示施工人员不安全行为被抓住的损失, $P_2 L_2$ 表示施工人员不安全行为产生后果的损失, $P_1 (G - H)$ 表示被抓住的施工人员由于被抓住损失的不安全行为比安全行为收益的超额收益, $(1 - P_1)(G - H)$ 表示没被抓住的人若实施不安全行为时的收益比安全行为收益的超额收益。

① 当 $H - C_2 - G < 0$ 时,其中 $P_1 L_1 + P_2 L_2 > C_2 + (1 - P_1)(G - H)$ 时,则 $S^* \in (0, P_0)$, 函数为二次凸函数,此时

$$X_{2max} = X_2(P_0) = -C_2 - P_1 P_0 L_1 - P_2 P_0 L_2 - P_1 P_0 G + (1 + P_1 P_0)H \quad (9)$$

② 当 $H - C_2 - G < 0$ 时,其中 $P_1 L_1 + P_2 L_2 \leq C_2 + (1 - P_1)(G - H)$ 时,由于 $P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1 G - P_1 H > 0$,故 $S^* \in [P_0, +\infty)$, $S^* \in [P_0, 1]$ 时,函数为二次凸函数,此时

$$\begin{aligned} X_{2max} = X_2(S^*) = & -C_2 \\ & \sqrt{\frac{P_0[P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1(G - H)]}{C_2 + G - H}} - \\ & P_1 L_1 \sqrt{\frac{(C_2 + G - H)P_0}{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1 G - P_1 H}} - \\ & P_2 L_2 \sqrt{\frac{(C_2 + G - H)P_0}{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1 G - P_1 H}} + \\ & \left[1 - \sqrt{\frac{P_0[P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1(G - H)]}{C_2 + G - H}} - \right. \\ & \left. P_1 \sqrt{\frac{(C_2 + G - H)P_0}{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1 G - P_1 H}} \right] G + \\ & \left[\sqrt{\frac{P_0[P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1(G - H)]}{C_2 + G - H}} + \right. \\ & \left. P_1 \sqrt{\frac{(C_2 + G - H)P_0}{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1 G - P_1 H}} \right] H \quad (10) \end{aligned}$$

$S^* \in (1, +\infty)$ 时,函数为二次凸函数,此时

$$X_{2max} = X_2(1) = -C_2 P_0 - P_1 L_1 - P_2 L_2 + (1 - P_0 - P_1)G + (P_0 + P_1)H \quad (11)$$

③ 当 $H - C_2 - G > 0$ 时,其中 $P_1 L_1 + P_2 L_2 > C_2 + (1 - P_1)(G - H)$ 时,为使 S^* 有解,则 $0 > P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_1 G - P_1 H > C_2 + G - H$,故 $S^* \in [P_0, +\infty)$, $S^* \in [P_0, 1]$ 时,函数为二次凹函数,此时

$$\begin{aligned} \text{当 } 1 \geq P_0 > \frac{C_2 - P_1 L_1 - P_2 L_2 + (1 - P_1)(G - H)}{C_2 + P_1 L_1 + P_2 L_2 + (1 - P_1)(H - G)} \text{ 时,} \\ X_{2max} = X_2(P_0) = & -C_2 - P_1 P_0 L_1 - \\ & P_2 P_0 L_2 - P_1 P_0 G + (1 + P_1 P_0)H \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{当 } 0 \leq P_0 \leq \frac{C_2 - P_1 L_1 - P_2 L_2 + (1 - P_1)(G - H)}{C_2 + P_1 L_1 + P_2 L_2 + (1 - P_1)(H - G)} \text{ 时,} \\ X_{2max} = X_2(1) = & -C_2 P_0 - P_1 L_1 - \\ & P_2 L_2 + (1 - P_0 - P_1)G + (P_0 + P_1)H \quad (13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S^* \in (1, +\infty) \text{ 时,函数为二次凹函数,此时} \\ X_{2max} = X_2(P_0) = & -C_2 - P_1 P_0 L_1 - \\ & P_2 P_0 L_2 - P_1 P_0 G + (1 + P_1 P_0)H \quad (14) \end{aligned}$$

(4) 当 $H - C_2 - G > 0$ 时,其中 $P_1 L_1 + P_2 L_2 \leq$

$C_2 + (1 - P_1)(G - H)$ 时,则 $S^* \in (0, P_0)$, 函数为二次凹函数,此时

$$\begin{aligned} X_{2max} = X_2(1) = & -C_2 P_0 - P_1 L_1 - \\ & P_2 L_2 + (1 - P_0 - P_1)G + (P_0 + P_1)H \quad (15) \end{aligned}$$

此时,为找到安全公民行为与安全绩效的同向区间,须找出 X_{2max} 与 S 的单调减函数区间,故根据式(9)和式(14),当安全行为相较于不安全行为的超额收益低于服从管理的成本,且不安全行为可能的损失高于可以实施不安全行为获得的超额收益且 $S^* \in (0, P_0)$ 时,当安全行为相较于不安全行为的超额收益虽然高于服从管理的成本,但不安全行为可能的损失高于可以实施不安全行为获得的超额收益且 $S^* \in (1, +\infty)$ 时,安全公民行为的改进可导致安全绩效的改进。

结论 1 员工的安全公民行为不总给员工安全总收益带来积极影响,因而员工在项目中不总是有动机去实现安全公民行为。不安全行为相较于安全行为可能的损失高于实施不安全行为获得的超额收益是员工安全总收益随安全公民行为同向改变的充分而非必要条件。

求项目最佳收益点,式(4)对 S 求导,

$$\frac{dY_2}{dS} = P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK - P_0 HK S^{-2} \quad (16)$$

式(8)求极值点,则

$$\frac{dY_2}{dS} = 0, S^* = \pm \sqrt{\frac{P_0 HK}{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK}} \quad (17)$$

对式(4)求二阶导,

$$\frac{d^2 Y_2}{d^2 S} = 2 P_0 HK S^{-3} > 0 \quad (18)$$

由式(10)可知, Y_2 为二次凹函数,故 S^* 为函数最小值。

当 $S^* \in (0, P_0)$ 时,

$$P_0 < 0 \cup P_0 > \frac{HK}{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK} \quad (19)$$

当 $S^* \in [P_0, 1]$ 时,

$$0 \leq P_0 \leq \min \left(\frac{HK}{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK}, \frac{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK}{HK} \right) \quad (20)$$

此时区间最大值处于边界点,则

$$\begin{aligned} X_2(P_0) = & (P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK)P_0 + \\ & HK - C_1 - R_1 - R_2 \quad (21) \end{aligned}$$

$$X_2(1) = P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK + P_0 HK - C_1 - R_1 - R_2 \quad (22)$$

当 $S^* \in (1, +\infty)$ 时,

$$P_0 > \frac{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK}{HK} \quad (23)$$

为讨论 S^* 所在区间的三种情形对函数最大值的影响,须讨论员工不安全行为给管理层带来的绩效 $P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_0 HK$ 与员工安全行为给管理层带来的绩效 $P_0 HK$ 的关系,进而判断函数最大值和函数在区间的趋势,由于 P_0 是常数且为定值。

当 $P_1 L_1 > P_2 L_2 K + (1 - P_1) HK$ 时,则有:

$$\frac{HK}{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK} < \frac{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK}{HK}$$

此时 $S^* \in (0, 1]$ 有意义,项目安全绩效函数在 $S=1$ 点取最大值,此时 $X_{2max} = X_2(1) = P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK + P_0 HK - C_1 - R_1 - R_2$ 。 $S^* \in (0, P_0)$ 时, X_2 是关于 S 的单调增函数; $S^* \in [P_0, 1]$ 时, X_2 是关于 S 的先减后增的函数,最小值点为 S^* 。 $X_{2max} = X_2(1)$ 时,根据式(5),安全公民行为的程度 Z 为完全不作为时项目安全绩效最高。这种结果的根源在于项目对施工人员的不安全行为被抓到的罚款要高于施工人员不安全行为产生后果给项目管理带来的损失和除不安全行为被抓到的施工人员之外所有施工人员给项目管理带来的安全收益之和,即项目对施工人员的不安全行为罚款要高于项目安全管理经济利润时,此时项目管理安全绩效提供方主要来自对不安全行为抓获的罚款,因而出现安全管理的逆向选择,抑制了安全公民行为。对于绝大多数企业而言,首先,冒着出现大量安全事故的风险对被抓到的施工人员不安全行为进行罚款不是企业的安全管理目标,其次,被罚施工人员的工资是不是足够承担这么重的罚款,在项目抑制安全公民行为的前提下,施工人员是否会自适应降低不安全行为,虽然假设单变量作用,但实际情形可能存在多变量共同作用而使绩效变化更加复杂。

当 $P_1 L_1 < P_2 L_2 K + (1 - P_1) HK$ 时,则有

$$\frac{HK}{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK} > \frac{P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK}{HK}$$

此时 $S^* \in [P_0, +\infty)$ 有意义,项目安全绩效函数在 $S = P_0$ 点取最大值,此时 $X_{2max} = X_2(P_0) = (P_1 L_1 - P_2 L_2 K + P_1 HK) P_0 + P_0 HK - C_1 - R_1 - R_2$ 。

$S^* \in (1, +\infty)$ 时, X_2 是关于 S 的单调减函数; $S^* \in [P_0, 1]$ 时, X_2 是关于 S 的先减后增的函数,最小值点为 S^* 。 $X_{2max} = X_2(P_0)$ 时,根据式(5),安全公民行为的程度 Z 为最高时项目安全绩效最高。

将式(17)代入区间,可知 $S^* \in (1, +\infty)$ 表示管理层管理遵守规章安全工作的员工绩效大于管理不安全工作员工绩效的情形;相应地 $S^* \in (0, 1)$ 表示管理层管理遵守规章安全工作的员工绩效小于管理不安全工作员工绩效的情形。管理层希望的是大部分安全绩效应当是安全工作的员工带来的绩效,故大多数情形下安全公民行为的程度与项目安全绩效完全正相关。

结论 2 企业以生产安全为安全管理中心目标,安全工作人员安全绩效大于不安全工作员工安全绩效的项目安全公民行为对安全绩效正相关;在不安全工作员工安全绩效大于安全工作人员绩效的项目安全公民行为对安全绩效部分负相关。在不考虑员工自适应做出相应改变的前提下,以生产安全罚款为安全管理中心目标的项目安全公民行为对安全绩效部分负相关。

项目要通过项目内安全公民行为的方式增加安全绩效,则需要函数拐点 S^* 随之增加,根据式(7),在其他条件不变的前提下, $S^* \propto P_0$, $S^* \propto H$, $S^* \propto K$, $S^* \propto \frac{1}{P_1}$, $S^* \propto \frac{1}{L_1}$, $S^* \propto P_2$, $S^* \propto L_2$, 故有:

结论 3.1 服从指令的项目团队成员越多,越可能通过安全公民行为的方式增加安全绩效。服从指令的项目团队成员较多,使得项目团队内部容易形成安全文化,而实证研究表明安全文化可以调节安全公民行为影响安全绩效^[3,17]。

结论 3.2 项目管理层与施工人员安全关联度越高,越可能通过安全公民行为的方式增加安全绩效。项目管理层与施工人员安全关联度增加会使项目安全绩效对安全事故更为敏感,安全公民行为能减少安全绩效波动风险,进而增加安全绩效。

结论 3.3 施工人员安全施工受到的奖励越大或不安全施工受到的惩罚越重,越可能通过安全公民行为的方式增加安全绩效。安全施工获得的利益不仅包括施工人员工作不受伤的收益,还包括持续安全施工的奖励。这种奖励机制应当是随时间递增且以项目团队所有施工人员为对象的。通过递进式的安全施工奖励机制,使得施工人员不安全行为实施的机会成本越来越大,而将施工人员所有的安全利益捆绑于每一个施工人员,进一步增加施工人员

不安全行为实施的机会成本,而且使施工人员感受到帮助别人就是帮助自己,才能促进项目内安全公民行为进而增加安全绩效。这与施工人员角度出发的定理 1 结论一致。

结论 3.4 安全事故伤亡越多越惨重或不安全施工受到的惩罚越重的施工现场,越可能通过安全公民行为的方式增加安全绩效。进一步地,可以认为,项目管理方夸大安全事故伤亡的数量和惨重程度有利于通过安全公民行为的方式增加安全绩效。安全事故伤亡惨重和惩罚重使施工人员犯错的机会成本增大,合作的施工人员会进一步增加安全公民行为,避免共同的安全风险,增加安全绩效。这与施工人员角度出发的定理 1 结论一致。

4 模型的仿真验证

模型构建和求解过程中,将发生安全事故的概率、不安全行为被抓住的概率、遵守安全行为的概率、安全事故的损失等分别设置成一个变量,而这些变量在实际运行过程中往往是偶然波动、动态变化且难以预测的,其分布的区间跨越上述可行域的多个区间,使得问题变得更加复杂,故采用一个真实的案例背景,采用蒙特卡罗模拟,讨论动态环境下安全公民行为对安全绩效的影响。

根据江苏某开发区中多项目群安全管理的实践统计结果,选取 2013 年 7 月到 2014 年 8 月期间数据完整的标段共 120 段,从观测数据得到标段不安全行为被抓住的概率 P_1 满足指数分布,标段不安全行为被抓住的极端概率为 25%;标段发生事故为偶然事件,概率一个“0-1”分布, P_2 为“1”的概率为 0.0001;标段遵守安全行为的概率 P_0 为 0.6。通过确定安全风险调节系数 s 进而确定 $\frac{P_0}{S}$ 的值,当 $s=0.6$ 时,员工服从安全规章最为理想,安全公民行为使员工完全服从,但这种情形是理想情形,由于不安全行为被抓住的极端概率为 25%,故 $\frac{P_0}{S} \leq 0.75$,故 $s=0.8$;当 $s=1$ 时,安全公民行为有无不影响安全绩效;当 $s>1$ 时,安全公民行为负向影响安全绩效。根据项目规章要求,当安全隐患被发现,对当事人给予 200 元的处罚,故 $L_1=200$;对于已有事故损失 L_2 统计得到其满足三角分布,最小值为 200000,最大值为 1000000,最高频率为 500000 的分布;项目标段按规模管理成本 $C_1=200000$,员工服从管理的成本 $C_2=1$;员工奖惩对管理层的传导系数为 0.3,按

项目标段规模,组织结构、安全规章的投入 $R_1=500000$,安全文化、安全氛围的投入 $R_2=100000$ 。当不安全行为获得的收益 G 大于安全行为获得的收益 H 时,假设员工不安全行为获得的收益满足一个最小值为 100,最大值为 900,最高频率为 500 的三角分布,员工安全行为获得的收益满足一个最小值为 10,最大值为 50,最高频率为 20 的三角分布。当安全行为获得的收益 G 小于安全行为获得的收益 H 时,假设员工不安全行为获得的收益同前面一致,员工安全行为获得的收益满足一个最小值为 1000,最大值为 5000,最高频率为 2000 的三角分布。分别模拟不安全行为收益大于安全行为收益时和安全行为收益大于不安全行为时,由于蒙特卡罗模拟本身收敛慢的特征,故每种情境模拟 5000 次,模拟结果分别如表 1 和图 2 以及表 2 和图 3 所示。

表 1 不安全收益大时成员和项目的安全绩效期望

S	$\frac{P_0}{S}$	成员	项目
0.8	0.75	77.17	-799998.92
1	0.6	129.68	-800001.91
1.5	0.4	177.15	-800008.32
2	0.3	188.38	-800010.41

表 2 安全收益大时成员和项目的安全绩效期望

S	$\frac{P_0}{S}$	成员	项目
0.8	0.75	2136.43	-799381.13
1	0.6	1817.67	-799495.55
1.5	0.4	1395.5	-799642.77
2	0.3	1202.78	-799706.21

模拟实证研究结果表明,① 在成员不安全收益大于安全收益的情形下,安全公民行为的增加会增加项目的收益,但却会减少成员收益;而在成员安全收益大于不安全收益的情形下,安全公民行为的增加会增加项目的收益,也会增加成员的收益。② 在成员不安全收益大于安全收益的情形下,项目安全绩效波动要小于成员安全收益大于不安全收益的情形下的项目安全绩效。③ 由于项目本身存在大量对项目安全的固定投入,故成员安全绩效的波动要大于项目安全绩效。

5 结论

基于理论建模对安全公民行为的研究目前尚处于起步阶段。本文以实证过程中安全公民行为对项目安全绩效与组织公民行为对组织绩效的差异为出

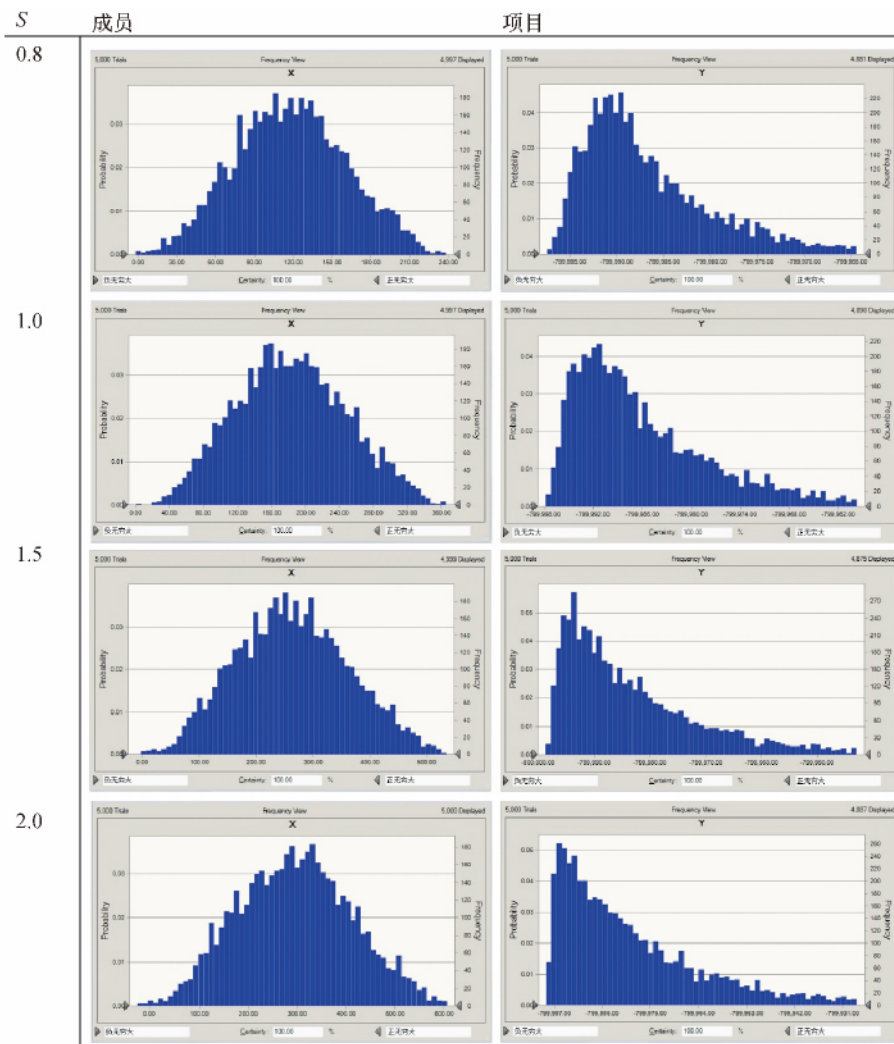


图2 不安全收益大时成员和项目的安全绩效概率分布

发点,分别基于被管理方和管理方两个角度共同作用,构建并求解模型研究安全公民行为正向影响项目安全绩效的边界条件和促进安全公民行为的影响因素。对于厌恶安全风险的项目管理人员和施工人员,与组织公民行为不同,安全公民行为能够促进安全绩效的提升,而不会出现强制性公民行为等不利于组织绩效的现象,这与大多数安全公民行为实证结论相似^[4,7,15]。施工人员喜好安全风险偏好会使部分情形下安全公民行为对安全绩效呈负向关系,实证研究中认为风险较大的项目中,个别员工处于危险之中时,安全公民行为反而会连累帮助其他员工的员工,会增加项目的安全风险,与该研究结论一致^[15]。此外,施工人员服从命令的程度、项目管理层与施工人员安全关联度、施工人员安全施工的奖惩程度均与安全绩效正相关,训练施工人员服从项目管理,增加项目安全在项目管理层绩效的权重,提高安全施工的奖励程度和惩罚程度等措施可提高

安全公民行为进而提高安全绩效。然而,由于条件限制,本文并未考虑安全心理预期对安全行为和公民行为的影响,亦未就安全公民行为对项目安全绩效的影响进行相应的实证研究,这是后期亟需解决的问题。

参考文献:

- [1] Biggs H C, Biggs S E. Interlocked projects in safety competency and safety effectiveness indicators in the construction sector[J]. Safety Science, 2013(52): 37-42.
- [2] Han S, Lee S. A vision-based motion capture and recognition framework for behavior-based safety management [J]. Automation in Construction, 2013(35): 131-141.
- [3] Hofmann D A, Morgeson F P, Gerris S J. Climate as a moderator of the relationship between leader-member exchange and content specific citizenship: Safety climate as an exemplar. [J]. Journal of Applied Psychology, 2003, 88(1): 170-178.
- [4] Diddle S, Mearns K, Flin R. Safety citizenship behaviour: a proactive approach to risk management [J]. Journal of Risk Research, 2009, 12(3-4): 475-483.

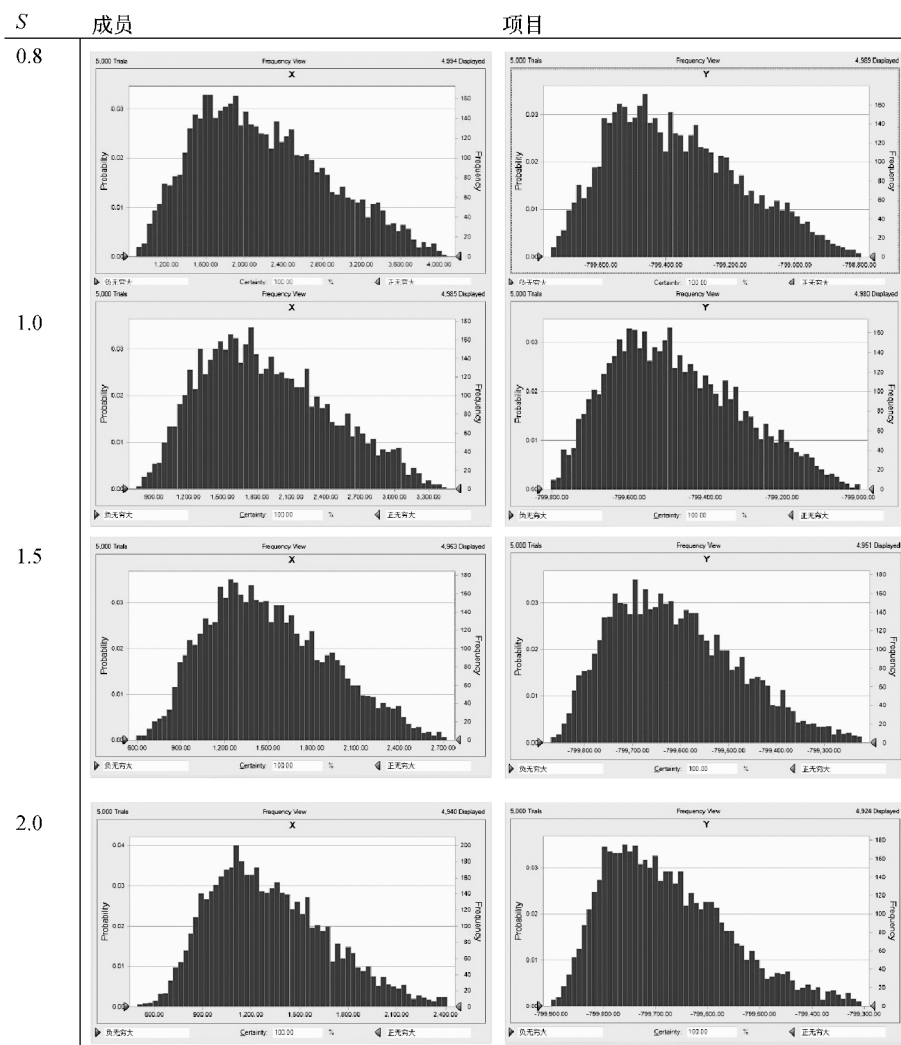


图 3 安全收益大时成员和项目的安全绩效概率分布

- [5] Neal A, Griffin M A. A study of the lagged relationships among safety climate, safety motivation, safety behavior, and accidents at the individual and group levels[J]. Journal of Applied Psychology, 2006, 91(4): 946-953.
- [6] Christian M S, Bradley J C, Wallace J C, et al. Workplace Safety: A Meta-Analysis of the Roles of Person and Situation Factors[J]. Journal of Applied Psychology, 2009, 94(5): 1103-1127.
- [7] Sampson J M, Dearmond S, Chen P Y. Role of safety stressors and social support on safety performance[J]. Safety Science, 2014(64): 137-145.
- [8] Dearmond S, Smith A E, Wilson C L, et al. Individual safety performance in the construction industry: Development and validation of two short scales[J]. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43(3): 948-954.
- [9] 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(04): 501-509.
- [10] 曹庆仁, 曹明, 李爽, 等. 双重委托代理关系下煤矿安全管理者激励模式[J]. 系统管理学报, 2011, 20(1): 10-15.
- [11] 周敏, 肖忠海. 煤炭企业安全生产监管效能的博弈分析[J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35(1): 54-60.
- [12] Bolino M C, Klotz A C, Turnley W H, et al. Exploring the dark side of organizational citizenship behavior[J]. Journal of Organizational Behavior, 2013, 34(4): 542-559.
- [13] Tucker S, Turner N. Young worker safety behaviors: Development and validation of measures[J]. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43(1): 165-175.
- [14] Zhang M, Fang D. A continuous Behavior-Based Safety strategy for persistent safety improvement in construction industry[J]. Automation in Construction, 2013, 34: 101-107.
- [15] Burt C D B, Banks M D, WILLIAMS S D. Safety risks associated with helping others[J]. Safety Science, 2014, 62: 136-144.
- [16] 裴斐然. 煤矿行业员工的安全公民行为: 影响因素与作用机制[D]. 暨南大学, 2013.
- [17] Lee T Z, Wu C H, Hong C W. An empirical investigation of the influence of safety climate on organizational citizenship behavior in Taiwan's facilities[J]. Int J Occup Saf Ergon, 2007, 13(3): 255-269.