

工程分包模式下质量优化收益共享群体激励演化研究

杨艳平¹, 罗福周¹, 王博俊^{1,2}, 王腊银¹

(1. 西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055; 2. 江苏科技大学张家港校区, 江苏 苏州 215600)

摘要: 针对多标段、多专业分包商平行施工情况下总承包商与分包商的一对多结构, 在各主体具有公平偏好情境下, 总承包商如何利用收益共享合同对分包商群体进行激励, 以实现质量优化和系统增值; 为此, 文章运用公平关切理论构建了群体激励模型, 利用计算实验方法进行仿真。结果发现, 提高收益共享系数有助于优化工程质量和增加系统收益; 对不同质量等级匹配合适的激励力度可以达到良好的激励效果; 受公平心理影响, 激励效果在后续阶段演化中呈现震荡衰弱走势, 激励力度级差过大会对激励效果产生不利影响; 分包商通过调整努力程度可以对总承包商实施反激励, 以激发其维持较高激励力度。

关键词: 公平偏好; 质量优化; 收益共享; 激励向量

中图分类号: F294

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2017)05-0740-08

Research on the evolution of the quality optimization revenue sharing group incentive under the engineering subcontract mode

YANG Yanping¹, LUO Fuzhou¹, WANG Bojun^{1,2}, WANG Layin¹

(1. School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. College of Zhangjiagang, Jangsu University of Science and Technology, Suzhou 215600, China)

Abstract: In view of the one to many structure of general contractor and subcontractor in the case of the multisection and multi-specialty subcontractors parallel construction, under the condition of all subjects having fair preference, how the general contractor encourages subcontractors by the revenue sharing contract, so as achieve quality optimization and system value added. So, we construct a group incentive model based on revenue sharing coefficient and incentive vector, and analyze the incentive effect of the model in a variety of situations through the social computing method. Research findings, proved that improving the benefit sharing coefficient is helpful to the optimization of the project quality and the increase of the system income. And good incentive effect can be achieved by matching the appropriate incentives with different quality grades; Influenced by fair psychology, incentive effect show shock weakening trend in the subsequent evolution stage, The incentive intensity differential being too large has an adverse effect on the incentive effect. The subcontractor may carry out a counter incentive to the general contractor by adjusting the degree of effort, in stimulating the general contractor to maintain a higher incentive degree.

Key words: fairness preference; quality optimization; revenue sharing; excitation vector

随着新技术、新工艺的出现, 专业工程分包成为目前建设工程施工的主要模式, 该模式有利于整合优势资源, 提升总承包商核心竞争力。工程理论和实践表明, 优良的质量能够延长工程的使用寿命, 减少运营期维修费用, 增加运营收益, 所以工程质量是优化的首要目标。一般情况下, 总承包商在合同中对业主承诺了工程质量标准和奖罚规则, 是工程质量主要责任人, 而实现工程质量目标又取决于一线施工的分包商群体的努力程度。这些呈异质性的分包商分布在各专业标段, 关系复杂, 组织协调工作量大, 给管理控制带来了困难。同时, 总承包商与分包商等项目参与方投入

的知识、技术、成本、努力程度等隐性生产要素较难观测^[1], 这种信息不对称下的逆向选择容易诱发双边道德风险。因此, 建立一套能实现工程质量优化和多方共赢的管理模式具有重要的现实意义。

收益共享契约能够基于多方协同理念出发, 督促各方从对抗关系转为全面合作关系, 实现工程目标以及多方利益共赢^[2]。目前, 收益共享契约在提升多级供应链运作效率^[3]、提高供应链上下游合作主体间信誉^[4]等供应链问题研究中使用较多。在工程管理领域, 可以利用收益共享契约对工程参与方的组织行为进行诱导^[5]、设立工期奖罚制度^[6]、建立可靠的互信伙伴关系^[7,8]及建立了总承

收稿日期: 2016-12-21

修改稿日期: 2017-08-21

基金项目: 陕西省软科学基金项目(2017KRM158); 陕西省教育厅重点基地项目(15JZ035)

第一作者: 杨艳平(1975—), 女, 博士生, 研究方向为工程经济与管理。E-mail: wylj0704@163.com

承包商与单一分包商利润分配模型^[9]。但是,利用收益共享契约激励分包商群体促进工程质量优化的研究甚少。

在工程质量优化中引入收益共享群体激励方法,需考虑以下几个问题:首先,质量优化要立足于工程全寿命周期和系统增值的整体目标,以便形成各方效益协同优化的共赢局面^[10]。其次,现有的收益共享激励合同基本定位于委托代理双方一对一的情景,研究信息完全对称下单一阶段博弈的帕累托改进;而现实中总承包商和分包商是信息不对称的一对多结构,并且工程质量验收、收益评定、策略选择等具有多阶段性和重复性,这种动态博弈更符合贝叶斯纳什均衡的形态描述。再者,传统的收益共享激励模型假设行为主体都是追求自身利益最大化的理性人,但现实中人们并非只在意自身收益最大化^[11],往往对付出与收益的公平性表现出极大关注,即具有公平偏好的特征^[12]。最后,已有收益共享激励模型大多研究委托或代理方的单项激励问题,未考虑双方同时存在公平偏好的双向激励问题。

综上,本文立足于工程全寿命周期系统增值的整体目标,针对总承包商与各分包商的一对多结构,在考虑双方均具有公平偏好情况下,建立群体激励模型和双向激励模型,通过仿真实验,研究分包商群体在收益共享契约激励下进行工程质量优化的演化规律。

1 问题描述与相关假设

在建设工程施工中,总承包商多采用平行发包方式分包给专业分包商。这些工程可按专业划分为多个标段,每个标段又划分为多个施工段,每个施工段专业工程施工完成后业主会定期组织质量验收,从而形成工程施工与验收的多阶段性,并且分包商的努力程度决定着工程质量水平,所以对分包商群体的有效激励是工程质量优化的关键。

基于群体激励的多阶段、多等级以及主体异质性的特征,本文借助计算实验方法^[13],在不失一般性和可靠性前提下,对工程相关参数进行简化,提炼出相关变量,构建激励模型,研究各施工参与主体的行为学特征。相关假设有:

(1)同时存在 N 个相同专业分包商,彼此相互独立;工程共有 T 个质量验收周期,每个验收期结束,分包商根据实际效用调整下一步行为策略。

(2)同一专业分包商作业内容相同,合同单价 P_0 、每个验收期完成工作量 Q_i 都相同。

(3)质量等级为 $q_j (j=0, 1, 2)$, 分别代表合

格(75分)、良(75—90分)、优(≥ 90 分),只有达到“良”和“优”才给予奖励。

(4)分包商可针对三种质量等级自由选择努力水平:低努力水平 $S=0$ 时,获得质量为“合格”($j=0$);中努力水平 $S=1$ 时,获得质量为“良”($j=1$);高努力水平 $S=2$ 时,获得质量为“优”($j=2$)。

2 建模思路与模型设计

采用工程量清单计价方式进行工程结算,工程质量合格时价格为基本清单单价 P_0 ;工程质量达到“良”和“优”时,在基本单价基础上加入相应级别的奖励。

2.1 业主 Agent

业主核对每个验收周期的工程质量,计算质量优化为系统带来的增量收益。第 k 个分包商,在第 t 个验收期,完成质量等级 j 时为系统带来的增量收益为

$$\Pi_j^s = \alpha(q_{kjt} - q_0)Q_i \quad (1)$$

其中 α 为收益系数,表示每提高单位工程质量等级带来的收益,可由类似工程的历史数据统计得到, q_{kjt} 为验收评定的工程质量等级, q_0 为合格。

每个验收期业主支付给总承包商的共享收益为

$$\Pi_j^c = \lambda_{kjt} \Pi_j^s \quad (2)$$

λ_{kjt} 为总承包商的收益共享系数。

每期工程综合质量

$$\bar{q} = \sum_{k=1}^N q_{kt} / N \quad (3)$$

q_{kt} 表示第 k 个分包商第 t 期完成的工程质量得分, N 为分包商数。

2.2 总承包商 Agent

每个验收期总承包商支付给分包商的共享收益为

$$\Pi_j^f = \phi_{kjt} \Pi_j^c \quad (4)$$

ϕ_{kjt} 为分包商的收益共享系数。

总承包商剩余的共享收益

$$\Pi_j^{cn} = (1 - \phi_{kjt}) \Pi_j^c \quad (5)$$

总承包商为优化工程质量,必须付出管理成本 C_{kst}^c , 优良的质量可为总承包商带来声誉上的隐性收益,其货币化价值为 δ_{kjt}^c , 则每个验收期总承包商的净增量收益为

$$\omega_{kjt}^c = \Pi_j^{cn} - C_{kst}^c + \delta_{kjt}^c \quad (6)$$

为激发分包商努力程度并增加其风险意识,将合同分为基本合同和激励合同两类。当分包商选择策略 $S=0$ 并且工程质量达到合格时,总承包商按基本合同支付清单单价 p_0 ; 当分包商选择激励合同并完成质量目标等级,总承包商支付 P_0 。再加上相应的激励额度 $E_j (j=1, 2)$, $E_j = \Pi_j^f$, $E_0 =$

0. 如果没有达到质量目标(只允许降一级), 则合同单价将被降低为 $p_j = \eta_j p_0$, 其中 $\eta_j \leq 1$ 为惩罚系数, 同时激励额度 E_j 将按照实际达到的质量等级支付. 为体现奖惩的合理性和对等性, 要求 $\eta_j \leq \eta_1$, 惩罚额 $(P_0 - P_j)Q_i \leq E_j$. 几种策略结算方式为当分包商选择基本合同

$$F_b = P_0 Q_i \quad (7)$$

当分包商选择激励合同并达到对应质量等级

$$F_{E_j} = P_0 Q_i + E_j \quad (8)$$

当分包商选择激励合同却未达到对应质量等级

$$F_{E_{j-1}} = P_j Q_i + E_{j-1} \quad (9)$$

2.3 分包商 Agent

(1) 第一验收期分包商策略选择

第一验收期, 各分包商属于“理性人”, 能够根据收益共享合同选择适合自己的策略. 当分包商选择激励策略 $S=1, 2$ 时, 必须为提高工程质量付出努力成本 C_{kst}^f , 工程质量优化也能为分包商带来声誉上的隐性收益 δ_{kjt}^f , 则每个验收期分包商的净增量收益为

$$\omega_{kjt}^f = \Pi_j^f - C_{kst}^f + \delta_{kjt}^f \quad (10)$$

由于分包商在策略选择时存在与其实际能力错位的可能, 以及存在一些影响工程质量的外生不确定因素, 导致分包商的努力并不能确保完成对应的质量等级, 即工程质量具有不达标风险. 假如分包商达到对应质量等级的概率为 R_{ks} , 则质量不达标的概率为 $1 - R_{ks}$, 因此, 分包商的综合效用函数可表示为

$$U_{kst}(\omega_{kjt}^f) = [R_{kst} \omega_{kjt}^f + \eta_j (1 - R_{kst}) \omega_{k(j-1)t}^f] (1 + \theta) \quad (11)$$

其中, θ 为外生不确定因素对工程质量的影响^[1], 符合正态分布, 且 $E(\theta) = 0$, $E(\theta^2) = \sigma^2$.

(2) 后续各验收期分包商策略调整

受公平心理的影响, 分包商在后续验收期不仅关注自身的收益, 同时也会关注他人的收益, 尤其会重点比对总承包商的收益情况. 通过引入参考点依赖理论建立分包商的公平效用函数^[14]为

$$U_f(\omega_{kjt}^f) = \omega_{kjt}^f - \psi_f(\omega_{kjt}^f - \omega_{kjt}^c) \quad (12)$$

其中, $\psi_f \in (0, 1)$ 为分包商的公平关切系数, 随着 ψ_f 增大, 分包商的公平关切程度不断提高, 总承包商收益 ω_{kjt}^c 和分包商收益 ω_{kjt}^f 之间差距越大, 对分包商效用值的影响越大. 分包商在对收益共享结果进行公平性评价过程中, 不仅关注总承包商的收益投入比 $\omega_{kjt}^c / C_{kst}^c$, 还会参考业主收益投入比 $\omega_{kjt}^0 / C_{kst}^0$, 其他分包商平均收益投入比 $(\sum_{\Gamma \neq k} \omega_{kjt}^f / C_{kst}^f) / (N - 1)$, 以及自身历史最优收益投入比 $\max(\omega_{kjt}^f / C_{kst}^f)$ 和机会收益率 Ω^f / C_{kst}^f 等, 因此, 分包商的综合效用评价期望值为

$$E(\Gamma_{kt}) = \mu_0 \frac{\omega_{kjt}^0}{C_{kst}^0} + \mu_2 \frac{\omega_{kjt}^c}{C_{kst}^c} + \mu_3 \frac{\sum_{\Gamma \neq k} \omega_{kjt}^f / C_{kst}^f}{N - 1} + \mu_4 \max \frac{\omega_{kjt}^f}{C_{kst}^f} + \mu_5 \frac{\Omega^f}{C_{kst}^f} \quad (13)$$

μ_i 为各项因素在效用评价中的权重, $\sum \mu_i = 1$, Ω^f 为分包商投资其他项目机会收益.

遵循亚当斯的公平理论, 上述公平性评价结果会对分包商的下一步决策产生影响. 若第 t 验收期分配结果低于分包商的效用评价期望值, 分包商会产生嫉妒; 若高于期望值, 则分包商会产生内疚; 这两种不公平厌恶均会引起分包商在该阶段的效用损失, 可以用效用损失调节系数 ρ_{st} 表示为

$$\rho_{st} = \begin{cases} \beta_1 [E(\Gamma_{kt}) - \omega_{kjt}^f / C_{kst}^f], & E(\Gamma_{kt}) > \omega_{kjt}^f / C_{kst}^f \\ 0, & E(\Gamma_{kt}) = \omega_{kjt}^f / C_{kst}^f \\ \beta_2 [\omega_{kjt}^f / C_{kst}^f - E(\Gamma_{kt})], & E(\Gamma_{kt}) < \omega_{kjt}^f / C_{kst}^f \end{cases} \quad (14)$$

其中 $\beta_i \geq 0 (i=1, 2)$ 分别表示分包商的内疚与嫉妒偏好系数. 分包商是具有学习能力的智能主体, 会根据前一阶段的实践结果不断调整自己的策略, 这个经验累积过程为

$$U_{ks(t+1)} = (1 - \rho_{st}) U_{kst} \quad (15)$$

(3) 分包商对总承包商的反激励

总承包商为了提高工程质量, 会针对不同努力程度的分包商采用相应激励措施; 同样, 分包商可以依据讨价还价原则, 通过调整努力程度对总承包商的激励力度提出诉求, 也就是反激励. 由于分包商的努力程度属于隐性变量, 其高低要通过最终实现的工程质量结果来体现, 因此, 分包商的努力程度对总承包商激励力度 W_{ks} 的影响描述为

$$\begin{aligned} W_{ks} &= \epsilon_{ks} U(E_j, q_{kjt}) \\ &= \epsilon_{ks} \phi_{kjt} \lambda_{kjt} \alpha (q_{kjt} - q_0) Q_i (1 - \rho_{st}) \\ &= \epsilon_{ks} \Pi_j^f (1 - \rho_{st}) \end{aligned} \quad (16)$$

其中, $\epsilon_{ks} \in (0, 1)$ 为激励力度系数, 可由总承包商根据对分包商激励的历史数据拟合得出. 总承包商与分包商之间的决策及双向激励原理见图 1 所示.

2.4 计算实验情境设计

(1) 第一验收期情境设计

在第一个验收期, 分包商的行为不受公平偏好的影响, 其策略选择是基于自身收益最大化的理性行为. 本阶段实验主要为筛选最优激励向量组合, 用于后续验收期群体激励演化. 首先分析收益共享系数 ϕ 的激励效果, 根据演化结果, 选取最优的 ϕ 值分别给中、高激励变量 (ϕ_1, ϕ_2) 赋值, 同时根据 $E_i = \Pi_j^f$ 以及式(4)换算出中、高激励额度 E_1, E_2 , 从而构成本阶段最优激励向量组合 (ϕ_1, ϕ_2),

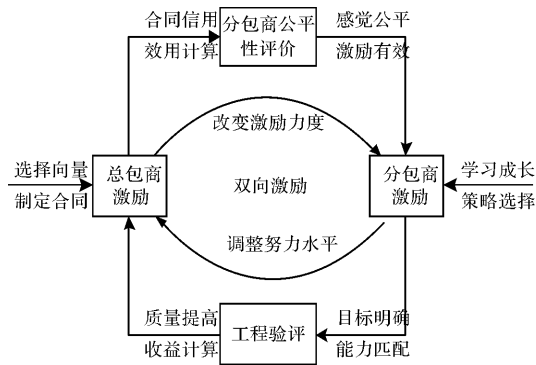


图 1 系统主体决策及双向激励流程

Fig. 1 System subject decision and the bidirectional incentive process

(E_1, E_2) ，该组合可以避免仅有激励变量相对值或绝对值的片面性。

(2) 后续验收期情境设计

在后续验收期计算实验模型中，主要考虑各方公平感知以及经验学习对激励效果的弱化效应，与第一验收期演化效果形成对比。该阶段总承包商以激励向量组合为核心，通过调节激励力度，设计多个激励向量组合，构成集合 C ，利用计算系统遍历集合 C ，对比不同的激励向量在后续验收期中的激励效果。演化流程为：

Step1: 总承包商设计多组激励向量构成集合 C ；

Step2: 分包商群体以期望效用最大化为目标选择策略；

Step3: 每个阶段结束后总承包商根据分包商完成情况对下一步激励变量进行调整；

Step4: 分包商群体在公平心理和学习成长影响下进行效用调整，并通过调整努力程度等措施对总承包商实施反激励；

Step5: 若对 遍历实验完毕，结束程序，否则，转到 Step1。

2.5 模型基本参数设定

本文基于 RePast J 框架，采用多主体建模方法，以 JBuilder2007 为开发环境，进行仿真实验。模型假定共有 100 个分包商，进行 48 次质量验收，参数设置以实际工程为背景，以增加实验结果可靠度。模型主要参数及其赋值见表 1。

3 实验结果分析与启示

本实验以收益共享系数和激励额度为变量设定激励向量，由第一验收期实验结果中选出参数代表值，再将这些参数用于后续阶段进行对比实验，分析主体在不同阶段的行为及系统绩效演化规律。

表 1 模型主要参数设定

Tab. 1 Main parameters of the model

参数	取值	参数性质
N	100	常量
T	48	常量
λ	$(0, 1)$	随机变量
ϕ	$(0, 1)$	随机变量
ϵ_{k_5}	$(0, 1)$	随机变量
Π_1^s	900	常量
Π_2^s	1 800	常量
Π_1^c	400	常量
Π_2^c	800	常量
E_1	$(0, 400)$	随机变量
E_2	$(0, 800)$	随机变量
C_0	$(5, 15)$	随机变量
C_1	$(15, 25)$	随机变量
C_2	$(25, 55)$	随机变量
C_0^f	$(15, 25)$	随机变量
C_1^f	$(35, 55)$	随机变量
C_2^f	$(55, 85)$	随机变量
$\delta_{k_j}^f$	$(65, 135)$	随机变量
δ_{k_j}	$(35, 95)$	随机变量
R_{k1}	$(0.75, 0.9)$	随机变量
R_{k2}	$(0.85, 1)$	随机变量
β_1	$(0.05, 0.1)$	随机变量
β_2	$(0.02, 0.05)$	随机变量
η_1	$(0.95, 1)$	随机变量
η_2	$(0.9, 1)$	随机变量
μ_1	0.1	常量
μ_2	0.4	常量
μ_3	0.2	常量
μ_4	0.2	常量
μ_5	0.1	常量

3.1 第一验收期演化情况

图 2 表示第一验收期收益共享系数 的激励效果。在设定的基准参数条件下，随着 的增大，几项主要指标变化情况如下：

图 2(a)中 $\phi=0.2$ 时，选择策略 $S=0$ 的分包商数量开始明显下降，选择策略 $S=1$ 和 $S=2$ 的分包商数量开始上升，三种策略的分包商数量在 $\phi=0.5$ 时接近相等，并在 $\phi=0.6$ 分别达到并维持在 0、30 和 70。(b)、(c)、(d)中工程质量和系统增量收益以及总承包商净增量收益在 ϕ 大于 0.2 时开始上升，在 $\phi=0.6$ 时分别达到并稳定在最大值。根据实验结果，可以确定第一验收期的中、高最优收益共享系数均为 0.6，再出算出中、高激励额度 E_1, E_2 ，从而确定本验收期的最优激励向量组合为

$\{(\phi_1, \phi_2), (E_1, E_2) \mid (0.6, 0.6), (240, 480)\}$

实验结果表明，收益共享系数是有效的激励手段，总承包商通过制定合理的 ϕ 值，能够激发分包商的努力程度，使工程质量、系统收益和总承

包商收益达到协同优化。

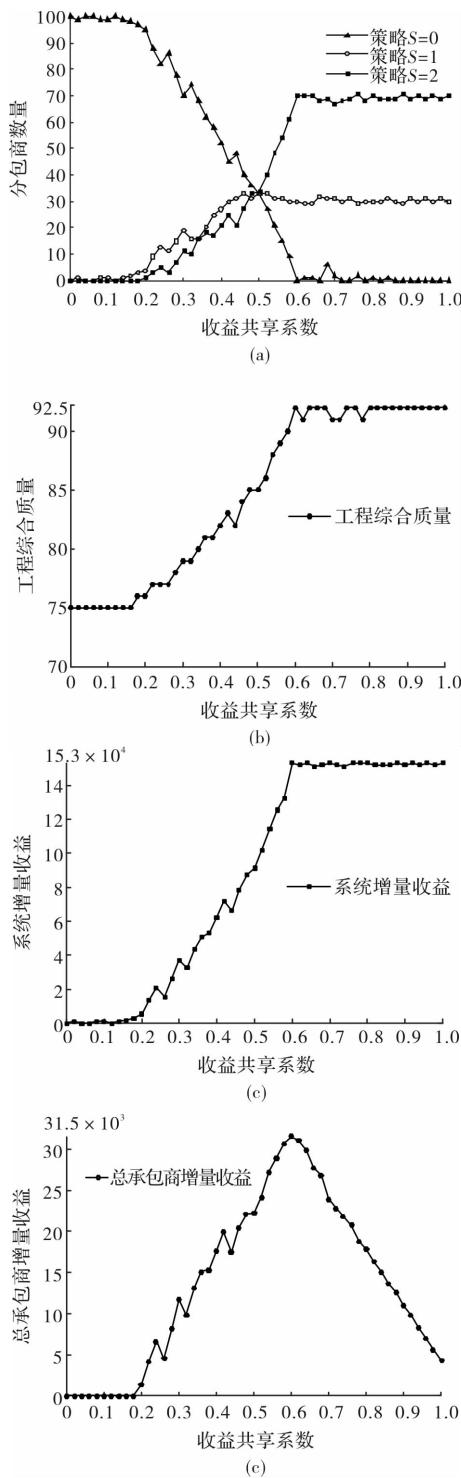


图2 第一验收期收益共享系数的激励效果

Fig.2 Incentive effect of revenue sharing coefficient in the first acceptance check period

3.2 后续验收期演化情况

为了和第一验收期对比,以其最优激励向量为核心,通过调整收益共享系数大小,选择有代表性的数值增加3组激励向量,组成激励向量集合C:

$$I \{(\phi_1, \phi_2), (E_1, E_2) | (0.6, 0.6), (240, 480)\}$$

$$II \{(\phi_1, \phi_2), (E_1, E_2) | (0.5, 0.6), (200, 480)\}$$

$$III \{(\phi_1, \phi_2), (E_1, E_2) | (0.25, 0.25), (100, 200)\}$$

$$IV \{(\phi_1, \phi_2), (E_1, E_2) | (0.25, 0.75), (240, 480)\}.$$

(1) 分包商群体策略选择演化

图3显示,随着验收周期的增加,分包商群体受公平心理影响,激励效果与第一验收期相比出现明显变化。

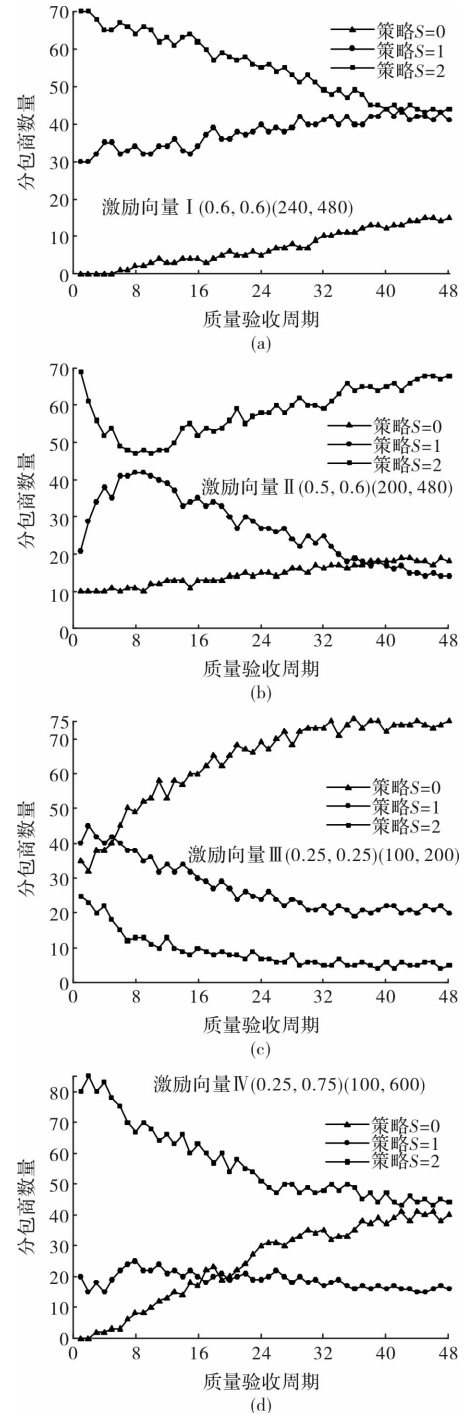


图3 后续验收期不同激励力度对分包商行为的影响

Fig.3 Effect of different incentives of follow-up stages for subcontractor behavior

图3(a)为激励向量组合I的演化结果,作为第一验收期的最优激励向量,在后续验收期中,

选择高努力策略 $S=2$ 的分包商数量不断下降,激励效果不如第一阶段。这是因为选择的分包商比选择中努力策略 $S=1$ 的分包商要付出更大的成本和风险,而激励向量 I 中二者的 ϕ 值相等,使部分高努力分包商产生了不公平厌恶,逐渐放弃了高努力策略。而激励向量组合 II 适当提高了高努力分包商的 ϕ 值,正好弥补了激励向量组合 I 的不足,让中、高努力分包商都感到公平合理,产生了较好的激励作用。激励向量 III 由于报酬太低,不能激发分包商去冒险选择激励合同,大多采取保守策略选择 $S=0$,导致整体努力水平明显偏低。激励向量 IV 中,由于中、高激励力度差距太大,虽然开始选择策略 $S=2$ 的分包商数量很多,但随着验收周期的增加,选择高努力的分包商会因收益过高而产生内疚负效用,促使该部分分包商数量逐渐下降;而该组向量的中等激励力度过低引起不公平厌恶,使选择策略 $S=1$ 的分包商数量一直很少。

由此可以得到以下结论:首先,中、高激励力度差需要保持适度才能达到预期的激励效果;其次,在第一阶段的最优激励向量在后续多阶段激励中未必是最好的;再者,同一组向量的激励效果很难在多阶段的激励过程中保持不变。因此,在受公平偏好心理影响的工程实践中,要想获得理想的激励效果,需要对激励力度在合理的范围内进行调整。

(2) 主要绩效演化分析

图 4(a)、(b) 分别为工程质量、总承包商收益的演化效果。整体上看,这几项绩效随着质量验收周期的增加均呈震荡下降走势。激励向量组合 I 的工程质量和总承包商收益较第一验收期下降明显,II 的绩效在初始阶段并不比 I 好,但从全周期来看,II 的绩效维持在高位平稳运行,整体上好于 I。由于 II 的中、高激励力度设计更合理,在多阶段演化过程中保证了较好的公平性,立足长远角度,对工程质量和总承包商收益都有利。明显地,激励向量组合 III 绩效最差;激励向量 IV 由于高激励力度过大,虽然前期选择策略 $S=2$ 的分包商数量多,工程质量也高,但却损害了总承包商的收益,随着验收周期增加,在中努力分包商嫉妒和高努力分包商内疚心理影响下,质量水平和总承包商收益均呈现快速下降走势,和传统工程实践中总承包商习惯采用的加大激励力度差距的做法相悖。由此启示我们,管理者在对质量优化采用激励措施时,必须立足于工程整体的观点,激励力

度和力度差都要保持适度原则,激励力度过高会伤害管理方利益,激励力度之差过大又会导致不公平厌恶,降低激励效用。

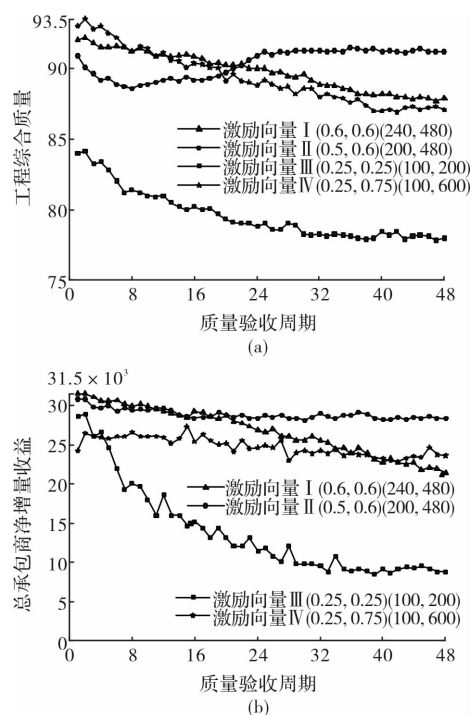


图 4 后续验收期系统主要绩效演化

Fig. 4 System performance evolution of the following acceptance check cycle

3.3 分包商对总承包商的反激励

图 5(a) 中, 总承包商对选择策略 $S=1$ 的分包商的激励力度相对较高, 虽然中期有一段小幅度下降, 但随后又震荡回升, 这是因为总承包商认为中、低努力分包商的水平还有提升空间, 所以维持较高激励力度。图 5(b) 中, 总承包商对分选择 $S=2$ 的分包商的激励力度无论是起点还是峰值都是最大的, 但后期开始明显下降, 这可能是出于以下原因: 一是受公平感知的影响, 选择高努力的分包商数量在不断减少, 诱发了总承包商激励力度的下滑; 二是总承包商在维持一段时间高激励力度后以为该部分分包商本来水平就高, 在投机心理的作用下开始降低激励力度; 另外, 过高的激励力度虽然让总承包商取得了高质量的回报, 但其自身的收益水平却受到了损失, 所以不得不降低激励力度。

上述分析启示我们, 分包商要适时改变其努力程度, 既不能太低也不能一直太高, 可通过调整努力水平摸索到总承包商的激励规律, 以便有针对性地调动总承包商激励的积极性, 达到对总承包商实施反激励的目的。

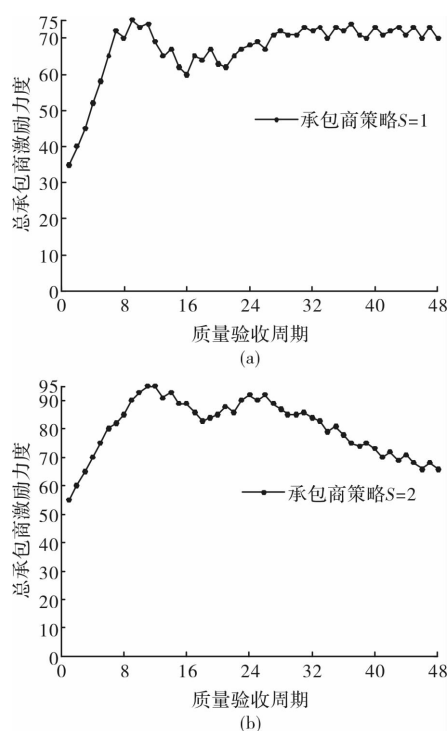


图5 分包商不同努力程度下总承包商激励力度演化

Fig. 5 Incentive evolution of general contractor under different effort levels of subcontractors

4 结语

基于施工全生命周期和提升系统收益的视角,构建了收益共享群体激励模型,通过计算实验的多次运算,得到了具有统计规律和稳定性的演化结果。

研究结果显示,收益共享系数是有效的激励手段,总承包商通过制定合理的 ϕ 值,能够改变分包商的努力程度,实现质量与收益的和谐共赢。分包商在第一验收期为“理性人”的情况下激励最有效,工程质量和总承包商收益随着激励力度 ϕ 值的变化都存在一个峰值或峰值区间,但后续各验收期的激励演化效果与第一验收期相比呈现很多变化:首先,由于受公平感知的影响,导致后续验收期的激励效果的弱化;其次,在第一阶段的最优激励向量在后续多阶段激励中未必是最好的;再者,制定激励向量时要考虑“适度原则”,中、高激励力度级差过大会诱发分包商的公平厌恶心理,引起激励效果快速衰减。另外,分包商可通过改变努力水平等对总承包商实施反激励。

本文建立的激励模型是基于相互独立的分包商群体,不考虑分包商之间联合或竞争的情况;另外,仅限于研究总承包商和分包商之间两个层面的双向激励关系,尚未考虑包括业主在内的多层次,多方向的激励情况。在模型演化结果中,很多曲线拐点出现在 ϕ 值为0.2、0.4、0.5、0.6、

0.8这些位置,这些数值和股市波动中常见的黄金分割数0.191、0.382、0.5、0.618、0.809高度吻合,由于所研究的收益共享和股市风险博弈都属于群体性利益竞争与分配模式,其中是否存在必然联系也有待进一步去研究证明。

参考文献 References

- [1] 吕俊娜,刘伟. 考虑公平关切的工程总承包合作利益分配模型[J]. 系统工程,2014,32(12): 62-66.
LU Junna, LIU Wei. A model of cooperative benefit allocation of engineering general contract considering fairness concerns[J]. Systems Engineering, 2014, 32(12): 62-66.
- [2] MENG X H. Assessment framework for construction supply chain relationships: development and evaluation[J]. International Journal of Project Management, 2010, 8(7): 695-707.
- [3] BO R, JACK A A, VEEN V, et al. A new revenue sharing mechanism of coordinating multi-echelon supply chains[J]. Operations Research Letters, 2010, 38: 296-301.
- [4] XIAO T, YANG D, SHEN H. Coordinating a supply chain with a quality assurance policy via a revenue-sharing contract[J]. International Journal of Production Research, 2011, 49(1): 99-120.
- [5] LAMBROPOULOS S. The use of time and cost utility for construction contract award under european union legislation[J]. Building and Environment, 2007, 42(1): 452-463.
- [6] TAREGHIAN H R, TAHERI H. An application of randomized minimum cut to the project time/ cost trade off problem[J]. Applied Mathematics and Computation, 2006, 173(2): 1200-1207.
- [7] JASON M, LEAB P, FLORENCE P, et al. Quality relationships: Partnering in the construction supply chain[J]. The International Journal of Quality and Reliability Management, 2000, 17(4): 493-501.
- [8] KHALID K, MARTON M, STEVEN D. Managing subcontractor supply chain for quality in construction[J]. Engineering Construction and Architectural Management, 2006, 13(1): 27-42.
- [9] 张云,吕萍,宋吟秋. 总承包工程建设供应链利润分配模型研究[J]. 中国管理科学, 2011, 19(4): 98-104.
ZHANG Yun, LU Ping, SONG Yinqiu. Research on profit distribution model of supply chain in general contract project[J]. Chinese Management Science, 2011, 19(4): 98-104.
- [10] HAMED R T, HASSAN T. An application of randomized minimum cut to the project time/cost tradeoff problem[J]. Applied Mathematics and Computation, 2006, 173(2): 1200-1207.
- [11] ROBERT D, AMIHAI G. Optimal contracts when a worker envies his boss[J]. The Journal of Law, Economics and Organization, 2008, 24(1): 120-137.
- [12] HIDESHI I. Moral hazard and other regarding preferences[J]. The Japanese Economic Review, 2004, 55(1): 18-25.
- [13] 盛昭瀚,张军,杜建国,等. 社会科学计算实验理论与应用[M]. 上海:上海三联出版社,2009.
SHENG Zhaohan, ZHANG Jun, DU Jianguo, et al. Theory and Application of Computational Experiment in Social Sciences[M]. Shanghai: Shanghai Sanlian Publishing House, 2009.
- [14] LOCH C H, WU Y Z. Social preferences and supply chain performance: An experimental study[J]. Management Science, 2008, 54(11): 1835-1849.

(编辑 沈波)