

## 基于委托-代理模型的施工过程成本博弈

王绪民, 熊娟娟<sup>†</sup>, 苏秋斓

(湖北工业大学 土木建筑与环境学院, 武汉 430068)

**摘要:** 施工项目管理者成本控制目标, 通过激励契约达到成本控制要求, 提高成本控制效率. 但是管理者运用激励机制控制单位产品成本具有片面性, 没有考虑工人为了提高成本控制效率需要付出一定的精力和时间, 从而影响其收益以及降低生产成本的积极性, 因此, 管理者和工人会围绕产品成本降低产生的收益分配形成动态成本博弈. 对此, 提出建设项目背景下基于单位时间的委托代理模型. 通过分析发现: 工人努力程度与激励系数呈非线性正相关; 在一定范围内, 工人的收益会随着努力程度的提高先增加并达到峰值后再减少; 在工人努力程度达到最优时, 管理者的收益会随激励系数的提高而增加并达到峰值. 通过设置合理的激励系数能使管理者和工人的收益达到最优. 最后以钢筋制作搭接工序为例, 分析模型的可行性.

**关键词:** 施工阶段; 成本控制; 激励机制; 信息不对称; 委托代理模型; 成本博弈

**中图分类号:** TP273      **文献标志码:** A

### Construction process cost game based on principal-agent model

WANG Xu-min, XIONG Juan-juan<sup>†</sup>, SU Qiu-lan

(College of Civil Engineering and Environment, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

**Abstract:** The cost control goal of the construction project manager is to meet the requirement of cost control and improve the efficiency of cost control through the incentive contract. But it is incomplete that managers use the incentive mechanism to control the cost of unit product without considering the time and energy of workers spent to improve the efficiency of cost control, which affects their benefit and enthusiasm of reducing the cost of production. Thus a dynamic cost game is formed between managers and workers around the profit distribution generated by reduction of product cost. This paper proposes a principal-agent model based on unit time under the background of construction project. It is found that the level of workers' effort has nonlinear positive correlation with the incentive ratio; the workers' profit will increase to the peak firstly and then decrease with the increases of workers' effort level in a certain range; when the level of workers' effort is optimal, the managers' profit increase to the peak with the increase of incentive ratio. By setting a reasonable incentive ratio, managers and workers can achieve the maximum profit. Finally, the feasibility of the model is analyzed with the example of rebar making and bonding process.

**Keywords:** construction stage; cost control; incentive mechanism; information asymmetry; principal-agent model; cost game

## 0 引言

社会经济环境的变化, 使得传统以降价为主要方式的企业竞争策略转向注重成本控制. 在建设项目全寿命周期内, 实施成本控制是企业提高经济效益、增强竞争优势的有效手段<sup>[1]</sup>. 如何有效地控制成本和提高利润已成为每个建筑企业必须认真对待的问题. Kaming 等<sup>[2]</sup>通过问卷调查得出造成成本超支的主要原因是设计变更、劳动生产率低以及规划不

足等. 精确的建设项目造价估算可有效控制项目实施过程成本超支问题. Ma 等<sup>[3]</sup>研究了将 BIM 主流标准数据应用于建设项目招投标成本控制的可能性和方法, 并建立工程造价估算信息需求模型来实施成本控制. Dursun 等<sup>[4]</sup>采用多步超前法对工程造价进行估算, 使施工成本预测达到更高精度. 施工过程管理和材料价格管理也是建设项目成本控制的重要方法. Wang 等<sup>[5]</sup>认为, 传统的分析成本法、控制偏差法

收稿日期: 2017-09-15; 修回日期: 2018-02-06.

基金项目: 湖北工业大学博士启动基金项目(BSQD14014).

责任编辑: 王光臣.

作者简介: 王绪民(1972—), 男, 副教授, 博士, 从事工程造价、岩土工程等研究; 熊娟娟(1993—), 女, 硕士生, 从事项目成本控制的研究.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: 2456521429@qq.com.

和责任制成本法过于简单,不能满足建设项目动态的及综合的成本管理实践,并提出了基于过程管理的成本控制模型,分析了建设项目成本控制问题. Joukar等<sup>[6]</sup>认为,建筑工程材料价格波动会给项目成本控制带来困难,其采用层次分析法分析影响建筑工程材料价格波动的影响因素并确定最佳策略,以减轻原材料价格波动的风险,从而达到控制成本的目的.

与上述成本控制方法相比,本文主要从工序角度探讨施工过程中的成本控制,施工企业从单纯要求工人严格执行成本控制标准,转向为通过激励策略促使工人自主实施成本控制. 在成本控制过程中,信息对称情况下,企业可以根据观测到的工人行为对其实行奖惩;但在信息不对称时企业不能观测到工人的行为,只能观测到工人行为的结果,而结果由多方面随机因素共同决定,企业不能利用合同迫使工人选择企业希望的行动,此时,激励兼容约束将起作用.

委托代理模型主要研究非对称信息博弈问题,其核心任务是分析信息不对称环境下,委托人如何设计最优契约激励代理人<sup>[7]</sup>,最初由美国经济学家 Berle 和 Means<sup>[8]</sup>提出. 委托代理模型中委托人和代理人的概念来自于法律,当一方 A 授权另一方 B 从事某种活动时,委托代理关系便发生, A 称为委托人, B 称为代理人. 委托代理关系在社会中普遍存在,因此,委托代理理论被用于解决各种问题. 在风险管理方面, Müll 等<sup>[9]</sup>认为,业主与项目经理的沟通结构受两者之间的委托代理关系和合同类型影响,并结合委托代理理论提出了风险最小化理论. Páez-Pérez 等<sup>[10]</sup>认为,合理的风险分担机制决定了项目融资的成功,并将公平偏好理论与传统委托代理模型相结合,根据所获得收益与所承担风险相当的原则,研究项目超额收益分配问题. 委托代理理论同样在建设项目成本管理领域得到广泛应用. Fu 等<sup>[11]</sup>运用委托代理模型研究了成本加激励费用合同下,业主与承包商之间的激励契约关系. Yan 等<sup>[12]</sup>通过委托代理理论研究了影响建设项目工期的主要因素以及工期压缩与成本增长的线性关系. 在施工过程成本控制方面, Li 等<sup>[13]</sup>运用委托代理模型分析管理者与生产者之间的委托代理关系,并针对信息对称和信息不对称两种情况分别计算最大期望利润的成本降低分享率. Meng 等<sup>[14]</sup>提出了双重成本控制标准的委托代理模型,研究企业内管理者与工人之间的动态博弈.

在运用委托代理模型分析施工过程成本控制的文献中,大多数是基于单位时间产量不变的假定进行研究的,鲜有将成本控制效率对单位时间产量的影响

考虑在内. 在施工过程中,工人在努力控制成本的同时需要付出精力、体力和时间. 基于文献查阅和分析,本文提出一种建设项目背景下基于单位时间的委托代理模型,研究项目管理者如何合理设置激励系数以促使工人选择最优努力程度,使管理者达到成本控制要求的同时实现工人自身收益最大化.

### 1 问题描述与模型假设

为了提高成本控制效率,项目管理者将依据工人控制成本效率进行奖励,以此激励工人为了提高成本控制效率所做的努力程度. 而工人努力提高成本控制效率需要付出一定的代价,这个代价来自精力、体力和时间等多个方面,努力提高成本控制效率可能会造成单位时间(工日)产品产量降低. 因此,施工企业需要建立一个合理的激励契约,促使工人从自身利益出发选择对项目管理者有利的行动. 项目管理者与工人成本博弈关系如图 1 所示.

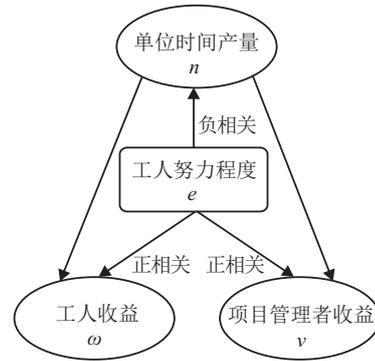


图 1 项目管理者与工人成本博弈关系

**假设 1(工人单位产品收益)** 假定基本收益和激励费构成工人收益,其中基本收益是固定的,激励费则视工人成本控制产出而定. 单位产品工人的收益函数表示为  $S = S_1 + \alpha(C_b - C_a)$ . 其中:  $S$  为工人单位产品收益;  $S_1$  为工人基本收益;  $\alpha$  为管理者分享的成本控制产出份额,即激励系数;  $C_b$  为工序预算成本;  $C_a$  为工序实际成本. 假设劳动合同约定激励费用最大值为  $S_{max}$ , 工人单位产品收益与工序实际成本关系表示为

$$S = \begin{cases} S_1 + S_{max}, & C_a < C_b - \frac{S_{max}}{\alpha}; \\ S_1 + \alpha(C_b - C_a), & C_b - \frac{S_{max}}{\alpha} < C_a < C_b; \\ S_1, & C_b < C_a. \end{cases}$$

**假设 2(工人努力成本)** 假定工人努力成本具有凸性特征,设为二次函数  $C(e) = \frac{1}{2}me^2$ . 其中:  $m$  为成本系数,  $e$  为努力程度. 在同样的努力程度  $e$  下,  $m$  越大,努力成本就越大. 同时,工人努力成本也与其努力程度密切相关.

**假设 3(不确定性因素和风险因素)** Radner<sup>[15]</sup>

和Cox等<sup>[16]</sup>使用重复博弈模型证明:根据大数定理,在长期合作关系中,环境不确定性因素可以剔除;同时,通过长期合同向代理人提供保险可以免除代理人的风险,即免除代理人的风险成本。

**假设4(成本控制产出)** 在委托代理关系中,工人可以选择自身努力程度,而企业管理者只能观测到结果,无法直接观测到工人的努力程度.假定工人成本控制产出  $C_b - C_a = \lambda_1 e$ ,其中  $\lambda_1$  为工人努力程度对成本控制产出的影响系数,则有  $E(C_b - C_a) = \lambda_1 e$ .

**假设5(单位时间产量)** 工人努力提高成本控制效率情况下,假定工人单位时间产品产量与努力程度关系为一次函数  $n = n_0 - \lambda_2 e$ .其中:  $\lambda_2$  为工人努力程度对单位时间产量的影响系数,  $n_0$  为  $e = 0$  时的单位时间产量.工人控制成本越努力,单位时间产量越低.

### 2 模型构建

在项目实施过程中工人努力降低工序成本,项目管理者获得相应工序成本降低所带来的利润,同时为了提高成本控制效率,项目管理者将依据工人控制成本效率进行奖励.假定  $P$  为项目管理者单位产品预期利润,  $\nu_0$  为单位产品收益,项目管理者单位产品收益可表示为

$$\nu_0 = P + (C_b - C_a) - \alpha(C_b - C_a) - S_1 = P + (1 - \alpha)\lambda_1 e - S_1. \tag{1}$$

工人努力提高成本控制效率需要付出一定精力、体力和时间等代价,可能会造成单位时间产品产量降低.项目管理者单位时间收益可表示为

$$\begin{aligned} \nu &= [P + (1 - \alpha)\lambda_1 e - S_1](n_0 - \lambda_2 e) = \\ &(P - S_1)n_0 + [(S_1 - P)\lambda_2 + \\ &(1 - \alpha)\lambda_1 n_0]e - (1 - \alpha)\lambda_1 \lambda_2 e^2. \end{aligned} \tag{2}$$

工人单位产品实际收益为单位产品收益减去努力成本,即

$$\omega_0 = S - C(e) = S_1 + \alpha\lambda_1 e - \frac{me^2}{2}. \tag{3}$$

同样,工人单位时间收益随单位时间产品产量的降低而变化,其函数表示为

$$\begin{aligned} \omega &= \left(S_1 + \alpha\lambda_1 e - \frac{me^2}{2}\right)(n_0 - \lambda_2 e) = \\ &S_1 n_0 + (n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1) e - \\ &\left(\alpha \lambda_1 \lambda_2 + \frac{mn_0}{2}\right) e^2 + \frac{\lambda_2 m}{2} e^3. \end{aligned} \tag{4}$$

工人接受合同而得到的收益不能小于不接受合同时得到的最大收益.假设  $\varpi$  为工人的保留收入水平,只有在实际收益大于  $\varpi$  时,工人才会接受合同.工人的参与约束函数为

$$\left(S_1 + \alpha\lambda_1 e - \frac{me^2}{2}\right)(n_0 - \lambda_2 e) \geq \varpi. \tag{5}$$

在实际施工过程中项目管理者与工人之间存在着信息不对称情况,但在激励契约下,工人总是选择使自己收益最大的行动,因此,项目管理者可以通过激励契约促使其选择自身希望的行动而达到收益最大.激励相容约束函数为

$$\begin{aligned} \max_{\alpha, e} \nu &= (P - S_1)n_0 + [(S_1 - P)\lambda_2 + \\ &(1 - \alpha)\lambda_1 n_0]e - (1 - \alpha)\lambda_1 \lambda_2 e^2; \end{aligned} \tag{6}$$

$$\text{s.t. (IR)} \left(S_1 + \alpha\lambda_1 e - \frac{me^2}{2}\right)(n_0 - \lambda_2 e) \geq \varpi, \tag{7}$$

$$\text{(IC)} e = \arg(\max \omega). \tag{8}$$

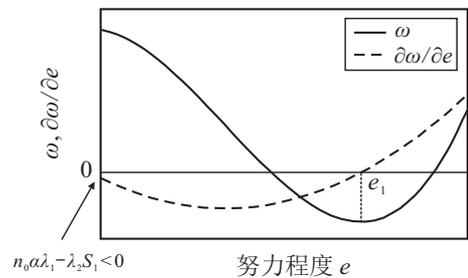
### 3 模型分析

工人单位时间收益是关于  $e$  的三次函数,对式(4)求  $e$  的偏导函数,可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial e} &= \\ n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1 - (2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0)e &+ \frac{3m\lambda_2}{2} e^2 = \\ \frac{3\lambda_2 m}{2} \left(e - \frac{2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0}{3\lambda_2 m}\right)^2 - \\ \frac{(2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0)^2}{6\lambda_2 m} + n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1. \end{aligned} \tag{9}$$

由式(9)可知,当  $e = 0$  时,  $\frac{\partial \omega}{\partial e} = n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1$ ; 当  $e = \frac{2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0}{3\lambda_2 m}$  时,  $\frac{\partial \omega}{\partial e} = n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1 - \frac{(2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0)^2}{6\lambda_2 m}$ .因此,参数的取值决定了偏导函数存在两种情况,对应工人单位时间收益也存在两种情况:

1) 当  $n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1 \leq 0$ , 即  $\alpha \leq \lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1$  时,偏导函数曲线先小于零后大于零,此时工人单位时间收益函数为凹函数,因此不存在  $\omega$  最大值.图2表示偏导函数和工人单位时间收益函数曲线.



$$\begin{aligned} \omega &= \left(S_1 + \alpha\lambda_1 e - \frac{me^2}{2}\right)(n_0 - \lambda_2 e) \\ \frac{\partial \omega}{\partial e} &= n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1 - (2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0)e + \frac{3m\lambda_2}{2} e^2 \\ e_1 &= \frac{2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0 - \sqrt{(2\alpha \lambda_1 \lambda_2 + mn_0)^2 - 6m\lambda_2(n_0 \alpha \lambda_1 - \lambda_2 S_1)}}{3m\lambda_2} \end{aligned}$$

图2  $\alpha < \lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1$  时偏导函数和工人单位时间收益函数曲线

2) 当  $n_0\alpha\lambda_1 - \lambda_2 S_1 > 0$ , 即  $\alpha > \lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1$  时, 因为  $n_0\alpha\lambda_1 - \lambda_2 S_1 < \frac{(2\alpha\lambda_1\lambda_2 + mn_0)^2}{6\lambda_2 m}$ , 且由式(9)可知偏导函数是关于  $e$  的二次函数, 所以存在两个  $e$  值使得偏导函数为零. 求得偏导函数的两个解为

$$e_1 = (2\alpha\lambda_1\lambda_2 + mn_0 - A) / 3m\lambda_2, \quad (10)$$

$$e_2 = (2\alpha\lambda_1\lambda_2 + mn_0 + A) / 3m\lambda_2, \quad (11)$$

其中

$$A = \sqrt{(2\alpha\lambda_1\lambda_2 + mn_0)^2 - 6m\lambda_2(n_0\alpha\lambda_1 - \lambda_2 S_1)}.$$

偏导函数在  $e \in (0, e_1)$  时大于零, 在  $e \in (e_1, e_2)$  时小于零, 在  $e \in (e_2, +\infty)$  时大于零. 因此, 在  $e \in (0, e_1)$  时, 工人单位时间收益随着努力程度的提高而增加; 在  $e \in (e_1, e_2)$  时, 工人单位时间收益随着努力程度的提升而减少; 当  $e = e_1$  时, 工人收益达到峰值. 具体偏导函数曲线和工人单位时间收益函数曲线如图3所示.

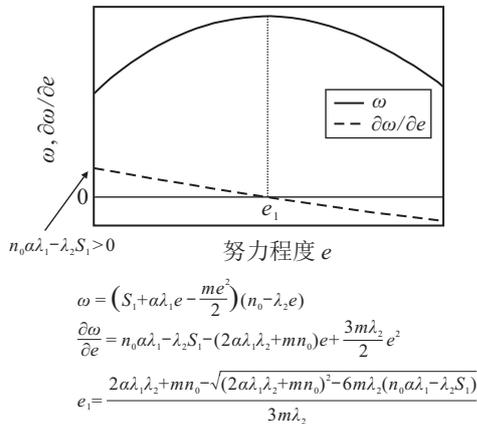


图3  $\lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1 < \alpha$  时偏导函数和工人单位时间收益函数曲线

综上所述可知, 第2种情况能够满足本文研究要求. 因此, 工人单位时间收益函数若能取得最大值, 则参数需满足下列条件:  $n_0\alpha\lambda_1 - \lambda_2 S_1 > 0$ , 得到  $\alpha > \lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1$ , 实际约束  $0 < \alpha < 1$ . 于是, 激励系数取值为  $\lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1 < \alpha < 1$ . 当工人达到最优努力程度  $e_1$  时, 可求得工人收益最大值  $\omega_{\max}$ .

由式(10)可知, 最优努力程度由多个参数决定. 对于某个工序, 参数  $n_0, S_1, \lambda_1, \lambda_2, m$  是相对固定的, 因此, 最优努力程度  $e_1$  随着激励系数  $\alpha$  的改变而变化. 对其他参数进行赋值, 可以获得  $e_1$  与  $\alpha$  的散点图, 如图4所示. 由图4可知, 工人努力程度与所受到的激励程度呈非线性正相关关系.

将式(10)代入(2), 可得当工人努力程度达到最优, 即工人单位时间收益最大时, 项目管理者单位时间收益表达式为

$$\nu = \left[ P + (1 - \alpha)\lambda_1 \frac{2\alpha\lambda_1\lambda_2 + mn_0 - A}{3m\lambda_2} - S_1 \right] \times$$

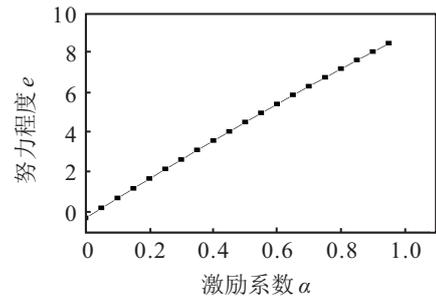


图4 努力程度  $e$  与激励系数  $\alpha$  的关系曲线

$$\left( n_0 - \lambda_2 \frac{2\alpha\lambda_1\lambda_2 + mn_0 - A}{3m\lambda_2} \right), \quad (12)$$

其中

$$A = \sqrt{(2\alpha\lambda_1\lambda_2 + mn_0)^2 - 6m\lambda_2(n_0\alpha\lambda_1 - \lambda_2 S_1)}.$$

### 4 算例分析

由于式(12)函数过于复杂, 直接求解难以得出使管理者收益最大化的最优激励系数. 本文通过实际案例来分析单位时间项目管理者与工人之间的成本博弈求解方法. 以建设项目钢筋工程为例, 工人进行框架梁钢筋制作搭接, 每天(按一个工日计算)收益为180元, 正常情况下工人每天可完成7t钢筋制作搭接, 即  $n_0 = 7$ . 假定  $P = 35, S_1 = 20, \lambda_1 = 10$ , 成本系数  $m = 1$ , 产量影响系数  $\lambda_2 = 0.1$ . 将各参数代入式(12), 可得工人收益最大化前提下项目管理者单位时间收益与激励系数的关系表达式为

$$\nu = \left[ 35 + \frac{10(1 - \alpha)(2\alpha + 7 - \sqrt{4\alpha^2 - 14\alpha + 50.2})}{0.3} - 20 \right] \times \left( 7 - \frac{2\alpha + 7 - \sqrt{4\alpha^2 - 14\alpha + 50.2}}{3} \right). \quad (13)$$

工人根据项目管理者设置的激励系数选择最优努力程度来达到收益最大. 此时工人最优努力程度  $e_1$  和单位时间收益最大值分别为

$$e_1 = \frac{2\alpha + 7 - \sqrt{4\alpha^2 - 14\alpha + 50.2}}{0.3}, \quad (14)$$

$$\omega_{\max} = \left[ 20 + \frac{10\alpha(2\alpha + 7 - \sqrt{4\alpha^2 - 14\alpha + 50.2})}{0.3} - \frac{(2\alpha + 7 - \sqrt{4\alpha^2 - 14\alpha + 50.2})^2}{0.18} \right] \times \left( 7 - \frac{2\alpha + 7 - \sqrt{4\alpha^2 - 14\alpha + 50.2}}{3} \right). \quad (15)$$

项目管理者单位时间收益与激励系数关系曲线如图5所示. 由图5可知, 项目管理者单位时间收益随激励系数的增加先增加并达到峰值后逐渐减少. 若管理者没有采用激励契约, 则管理者净收益为  $\nu = (35 - 180/7) \times 7 = 65$  元/工日, 工人收益为180元/工

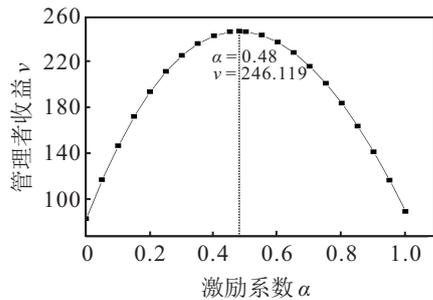


图5 项目管理者单位时间收益与激励系数关系曲线

日. 当采用激励契约且激励系数  $\alpha = 0.48$  时, 管理者收益达到最大值  $\nu_{\max} = 246.119$  元; 此时, 工人最优努力程度  $e_1 = 4.322$ , 工人收益最大值为 206.267 元/工日. 工人进行框架梁钢筋制作搭接过程中钢筋损耗率为 3%, 钢筋市场价为 3550 元, 因此, 工人完成每吨钢筋制作搭接的预算成本  $C_b = (1 + 3\%) \times 3550 = 3656.5$  元. 由假设 4 可得工人每吨钢筋制作搭接成本控制额为 43.22 元, 实际成本为 3613.28 元, 可得实际损耗率为 1.783%, 因而材料损耗率降低了 1.217%.

## 5 结论

市场竞争的日益加剧, 促使企业通过成本控制手段来提高经济效益, 增强竞争优势. 在建设项目成本控制中, 工序是其中最小但最为核心的一个节点, 只有把握好工序成本, 整个项目的成本才能得到有效的控制. 本文从单位时间工序成本控制的角度构建了委托代理模型. 经过研究可得出以下结论:

1) 工人努力程度与其单位时间收益关系存在两种情况, 取决于激励系数取值. 当激励系数  $\alpha < \lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1$  时, 无法找到使工人收益最大值的最优努力程度; 当  $\lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1 < \alpha$  且为某定值时, 工人的收益会随着努力程度的提高先增加并达到峰值后再减少. 因此, 能够找到最优努力程度  $e_1$  使工人收益最大.

2) 工人努力程度与激励系数呈非线性正相关关系. 项目管理者通过激励系数改变工人努力程度, 从而达到成本控制的目的.

3) 在工人努力程度达到最优的情况下, 管理者的收益与激励系数具有凹性特征, 随着激励系数的提高, 管理者的收益先增加并达到峰值后逐渐减少. 因此, 存在某个  $\alpha \in (\lambda_2 S_1 / n_0 \lambda_1, 1)$ , 使得管理者达到成本控制要求的同时实现工人自身收益最大化.

## 参考文献(References)

[1] Zheng X M. Research on the cost control of construction project[J]. Research on Financial and Economic Issues, 2014(S2): 117-120.

- [2] Kaming P F, Olomolaiye P O, Holt G D, et al. Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia[J]. Construction Management & Economics, 1997, 15(1): 83-94.
- [3] Ma Zhiliang, Wei Zhenhua, Song Wu, et al. Application and extension of the IFC standard in construction cost estimating for tendering in China[J]. Automation in Construction, 2011, 20(2): 196-204.
- [4] Dursun O, Stoy C. Conceptual estimation of construction costs using the multistep ahead approach[J]. J of Construction Engineering and Management, 2016, 142(9): 89-96.
- [5] Wang D D, Dong X Y. Research on the cost control of construction project based on process management[J]. Construction Economy, 2013(12): 52-54.
- [6] Joukar A, Nahmens I, Harvey C. An AHP-based selection model for ranking potential strategies for managing construction's cost volatilities[C]. Construction Research Congress. San Juan, 2016: 616-626.
- [7] Zhang W Y. Game theory and information economics[M]. Shanghai: Shanghai People Press, 2003: 25-28.
- [8] Berle A A, Means G G C. The modern corporation and private property[M]. New York: Transaction Publishers, 1991: 108-121.
- [9] Müller R, Turner J R. The impact of principal-agent relationship and contract type on communication between project owner and manager[J]. Int J of Project Management, 2005, 23(5): 398-403.
- [10] Páez-Pérez D, Sánchez-Silva M. A dynamic principal-agent framework for modeling the performance of infrastructure[J]. European J of Operational Research, 2016, 254(2): 576-594.
- [11] Fu L, Lu G S. Research on cost plus incentive contract based on principal-agent theory[J]. China Management Informationization, 2010, 13(9): 105-107.
- [12] Yan L, Tang X J. Incentive contract design of construction engineering time based on the principal-agent model[C]. Proc of the Int Conf on Advanced Materials and Engineering Structural Technology. Qingdao: CRC Press, 2015: 317-325.
- [13] Li L J, Huang X Y, Zhang X O. Application of principal-agent theory in cost reduction[J]. Industrial Engineering and Management, 2003(4): 55-58.
- [14] Meng F S, Zhou Y. Principa-agent model based on dual cost control standards effect[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2015, 35(6): 1440-1448.
- [15] Radner R. Monitoring cooperative agreements in a repeated principal-agent relationship[J]. Econometrica: J of the Econometric Society, 1981, 49(5): 1127-1148.
- [16] Cox J C, Ross S A, Rubinstein M. Option pricing: A simplified approach[J]. J of Financial Economics, 1979, 7(3): 229-263.