

双层委托模式下政府采购合同融资激励机制研究

黄海涛, 刘勤明, 杨晓燕

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 针对中小企业融资难和供应链金融中现有的道德风险问题, 考虑利用委托代理理论为财政部提出的政府采购合同融资模式制定适当的激励契约。运用委托代理理论构建政府采购部门、第三方物流企业、中标的中小企业的双层委托代理模型, 并对其进行分析求解, 在上述解的基础上运用 Matlab 软件进行仿真实验, 验证了不同参数变化对激励契约变化的影响。研究发现, 信息不对称情况下企业的努力水平小于信息对称情况下的努力水平; 提高企业的努力产出系数、减少企业的努力成本系数可以提高企业的努力水平, 同时可以提高企业可得的激励报酬; 降低企业的风险规避度、密切关注市场外的外生随机因素, 都可以减少总代理成本的产生。

关键词: 中小企业; 供应链金融; 政府采购合同融资; 双层委托代理模型; 激励机制

中图分类号: F 830 **文献标志码:** A

Simulation analysis of incentive mechanism of government procurement contract financing based on two-layer principal-agent model

HUANG Haitao, LIU Qinming, YANG Xiaoyan

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In view of the difficulty of financing for small and medium-sized enterprises and the moral risk in supply chain finance, the principal-agent theory was adopted to make appropriate incentive contracts for the financing mode of government procurement contracts proposed by the Ministry of finance. Based on the principal-agent theory, a two-layer principal-agent model of government procurement departments, third-party logistics enterprises and small and medium-sized enterprises winning the bid was constructed. The model was then analyzed and solved. Based on the above solutions, Matlab software was used to conduct simulation experiments to verify the influence of different parameters on the change of incentive contract. It is found that the enterprise's effort level under the condition of information asymmetry is less than that under the condition of information symmetry. By increasing the effort output coefficient and decreasing the effort cost coefficient, the effort level and incentive remuneration can be improved. By reducing the risk aversion of enterprises

收稿日期: 2021-05-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71840003, 71632008); 上海市自然科学基金资助项目 (19ZR1435600)。

第一作者: 黄海涛 (1997-), 女, 硕士研究生。研究方向: 供应链金融。E-mail: 193880999@st.usst.edu.cn

通信作者: 刘勤明 (1984-), 男, 副教授。研究方向: 维护调度、人工智能等。E-mail: lqm0531@163.com

and paying close attention to exogenous random factors outside the market, the generation of general agency costs can be reduced.

Keywords: *small and medium-sized enterprises; supply chain finance; government procurement contract financing; two-layer principal-agent model; incentive mechanism*

2020年年初爆发的新冠疫情给我国几乎所有领域都带来了巨大的经济发展冲击,对于综合实力较弱的中小企业来说,更是雪上加霜。目前我国已有超3000万家的中小企业,占我国企业总数量的90%以上^[1],中小企业在推动我国市场经济发展和维持社会稳定方面起着无法替代的作用,但因中小企业的资产规模小、抵御风险能力弱,“融资问题”一直阻碍着中小企业的发展。在一项对中小企业受新冠疫情影响的调查报告显示,有58%的企业表示2020年的整体收入会下降30%以上,有67%的企业表示员工成本是主要压力,超过70%的企业表示现金流已不超过2个月^[2]。受新冠疫情影响的产业链和供应链尚未完全恢复,这种局面让本就“融资难”的中小企业对融资更加望而生畏。

如何解决中小企业的融资难题受到了国内外学者以及国家相关部门的广泛重视。Song等^[3]针对中小企业在运营融资中表现出的信息不对称问题,通过信号传导的方式,给出了相应的解决方案。文献[4]研究了资金受限的中小企业在网络P2P借贷投资平台提供的两种融资方案下的供应链融资问题,即债务融资和股权融资。近日,为发挥政府采购政策功能,财政部、工业和信息化部制定了《政府采购促进中小企业发展管理办法》^[5],于2021年起实施,主要是将政府部门加入供应链,对政府采购政策功能进行扩展,鼓励中小企业依法合规地通过政府采购合同融资,以改善中小企业融资难的局面。对于政府采购合同融资模式,邢祎^[6]系统地分析了该融资模式的应用及其目前不成熟的地方,并提出了相应的对策来完善政府采购合同融资模式,多措并举助力中小企业发展。

政府采购合同融资是一种特殊的供应链金融,是供应链金融的一个创新,可以很大程度上解决中小企业的“融资难题”,推动中小企业的健康发展。但在分散决策下,供应链上各成员的局部利益与整体目标存在冲突,且各成员间存在信息不对称的情况,故在目前供应链金融的运作

过程中,存在着一定的道德风险的问题,如在政府采购合同融资中第三方物流企业可能与中小企业合伙骗贷的情况。所以,有必要在供应链金融运作过程中制定合理的激励契约来协调各成员的利益,从而使供应链中各成员的自身利益和整体利益都得到优化。

对于供应链金融中的信息不对称导致的道德风险问题,近年来,有许多学者进行了激励机制的相关研究,Sun等^[7]认为银行与3PL(第三方物流企业)之间的信息不对称会引发道德风险,相对于单纯的激励模式,监管激励模式的激励效果更好,且更适用于解决实际问题。文献[8]通过研究信息不对称下的闭环供应链的激励机制发现,相对于内生激励,外生激励更能使制造商和零售商实现利益的优化。现阶段委托代理理论在供应链金融、公私合作、服务业、企业内部激励等研究领域得到了广泛的应用,通过建立恰当的激励契约实现最佳激励效果。徐鹏等^[9]运用委托代理理论,研究了农产品质押融资模式中银行对3PL的激励监督问题,研究显示与合作方式相比,协助的方式下的3PL的努力水平更高。陈畴镛等^[10]建立了委托代理模型,引入互惠性偏好以研究供应链金融中核心企业与协作企业的委托关系,研究显示考虑互惠性偏好的激励机制可以实现整条供应链各方收益的共赢。由此可见,在供应链金融中制定恰当的激励机制可以提升供应链中各方的利益,达到优化供应链整体利益的效果^[11-12]。

以上文献从不同层面研究了中小企业融资、供应链金融中激励机制设计等问题,为本文的研究提供了启发和借鉴,但很少有文献涉及政府采购合同融资模式的激励契约研究。本文拟运用委托代理理论,在政府采购合同融资模式中构建政府采购部门、第三方物流企业、中标的中小企业的双层委托代理模型,对信息不对称下的模型和总代理成本进行分析以优化三者的激励机制,并据此提出激励中小企业准时高效完成政府采购订

单的相关建议, 为政府采购合同融资模式的深入发展提供理论参考, 同时促进中小企业的创新发展。

1 问题描述

政府采购合同融资是由中国政府采购网的中国政府购买信息平台发布的, 以政府采购为平台

来帮助中小企业融资, 参与政府采购活动中标的中小企业凭借中标通知书和政府采购合同向银行借款, 以解决中小企业在采购订单进行中的财务困难。政府采购合同融资模式是供应链金融上的创新, 政府采购部门作为供应链中的“核心企业”可以很好地缓解中小企业缺乏固定抵押物和缺乏信用的问题。政府采购合同融资模式的主要流程如图 1 所示。

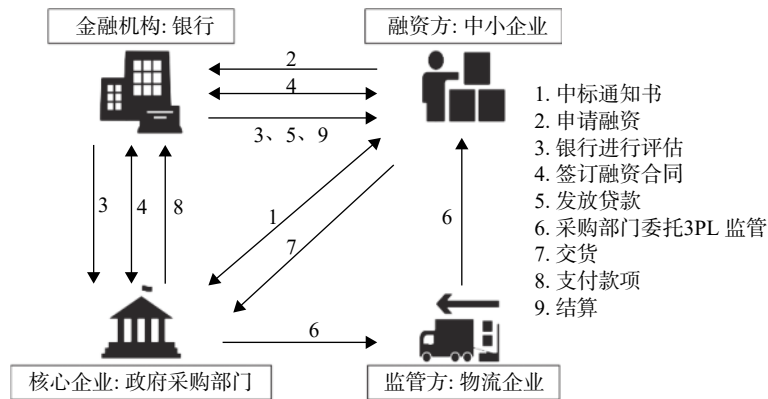


Fig.1 Business process of government procurement contract financing

政府采购合同融资业务过程中, 若中小企业最终违约没有按期交付指定的货物, 此时银行不需要支付合同款, 但需要支付贷金给银行。在没有激励和监督的环境中, 中小企业为了自身利益最大化, 可能会选择懒惰、不积极、敷衍等行为, 导致最终完不成订单或者交付的货物质量不高等问题。为了尽可能避免中小企业出现违约完不成订单的情况, 在中小企业完成订单的过程中, 政府采购部门需要对中小企业采取一定的监督和激励, 但是, 由于政府采购部门本身精力有限, 故将这一任务委托给 3PL(第三方物流企业)。

从经济学的角度来看, 政府采购部门、第三方物流企业、中小企业三者构成了双层委托代理关系^[13-15]: 政府采购部门和 3PL 构成第一层委托代理关系, 3PL 和中小企业构成第二层委托代理关系, 如图 2 所示。在第一层委托代理关系中, 委托方政府采购部门的目标是激励 3PL 对中小企业

进行严格的激励和监督, 进而让中小企业准时高质量地完成订单; 在第二层委托代理关系中, 3PL 作为委托方, 其目标是激励中小企业积极高效地完成合同中订单的任务, 进而取得第一层委托人政府采购部门提供的劳动报酬; 中小企业的目标是通过高质量完成订单从而取得订单的利润。

2 假设

参考前人对委托代理模型的研究, 为方便数学建模, 对政府采购部门、第三方物流企业、中小企业的双层委托代理关系进行一定的抽象和数学简化, 作出以下基本假设:

a. 假设变量 v , w 是一维连续变量, 分别指 3PL 和中小企业的工作努力水平, $v \in (0, 1), w \in (0, 1)$; v , w 越大, 表明 3PL 和中小企业的工作越努力。 η , θ 是一维随机变量, 分别指不受中小企业和 3PL 控制的由外界的不确定因素影响的随机变量, 服从正态分布 $\eta \in N(0, \tau^2), \theta \in N(0, \sigma^2)$ 。 φ 指的是 3PL 的努力效果系数, 也就是其监管能力; δ 指的是中小企业的努力效果系数, 也就是其完成订单的效率。

b. 3PL 和中小企业的工作努力水平、努力效果

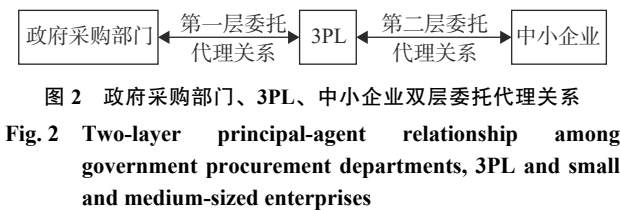


Fig. 2 Two-layer principal-agent relationship among government procurement departments, 3PL and small and medium-sized enterprises

系数、不确定因素共同决定了 3PL 最终的产出。假设 3PL 最终的产出为 $\pi = \varphi v + \eta + \delta w + \theta$ ，可以得到 3PL 最终产出的期望值为 $E\pi = E(\varphi v + \eta + \delta w + \theta) = \varphi v + \delta w$ ，方差 $Var(\pi) = Var(\varphi v + \eta + \delta w + \theta) = \tau^2 + \sigma^2$ ；假设中小企业的产出线性函数为 $u = \delta w + \theta$ ，可以得到中小企业产出的期望值为 $E u = E(\delta w + \theta) = \delta w$ ，方差 $Var(u) = Var(\delta w + \theta) = \sigma^2$ 。

c. 假设政府采购部门根据最终产出与 3PL 制定如下线性劳动契约合同： $S_G = \alpha + \beta\pi$ 。 S_G 为政府采购部门支付给 3PL 的监管费用， α 为政府采购部门支付给 3PL 的固定监管费用，与 π 无关，协方差 $Cov(\alpha, \pi) = 0$ ； β 为政府采购部门对 3PL 的激励系数， $\beta \in (0, 1)$ 。当 $\beta = 0$ 时，政府采购部门承担全部风险，此时类似于固定工资的合约模式；当 $\beta = 1$ 时，3PL 承担全部风险，此时类似于承包制的合约模式。

d. 假设 3PL 与中小企业制定如下激励契约合同： $S_L = \gamma + ku$ 。 S_L 为 3PL 支付给中小企业的报酬， γ 为 3PL 支付给中小企业的固定报酬， k 为激励系数， $k \in (0, 1)$ 。当 $k = 0$ 时，表示完成订单的风险完全由 3PL 承担；当 $k = 1$ 时，表示完成订单的风险完全由中小企业自己来承担。

e. 假设中小企业和 3PL 的努力成本为二次货币成本函数，简化后，假定 $C_L(v) = fv^2/2$ ， $C_E(w) = nw^2/2$ 。 $C_L(v)$ 为 3PL 的努力成本， $C_E(w)$ 为中小企业的努力成本。其中， $f > 0$ ， f 表示 3PL 的努力成本系数； $n > 0$ ， n 表示中小企业的努力成本系数，即努力的单位成本随 f 和 n 增大而增大。

f. 假设政府采购部门、3PL、中小企业均为“理性的经济人”；假设政府采购部门对风险持中性态度，3PL 和中小企业对风险持中性或者规避态度，3PL 的风险规避度为 ρ ，中小企业的风险规避度为 ι 。

g. 假设 3PL 的保留效用水平为 l^* ，中小企业的保留效用水平为 e^* ，若中小企业和 3PL 的确定性等价收入小于它们的保留效用^[16]，中小企业和 3PL 不会接受该激励合同。

3 模型

现对委托代理模型中各个主体的收入进行分析。

a. 政府采购部门收入。

根据假设，政府采购部门的收入为 3PL 最终的产出 π 减去与 3PL 制定的劳动契约合同中的监管费用 S_G ，且政府采购部门是风险中性，即政府采购部门的期望效用 $E U_G$ 等于其期望收益。

$$E U_G = E[\pi - S_G] = E[\pi - \alpha - \beta\pi] = E[-\alpha + (1 - \beta)(\varphi v + \eta + \delta w + \theta)] = -\alpha + (1 - \beta)(\varphi v + \delta w) \quad (1)$$

b. 3PL 收入。

3PL 的实际货币收入

$$U_L = S_G - S_L - C_L v = \alpha + \beta\pi - \gamma - ku - \frac{fv^2}{2} = \alpha + \beta(\varphi v + \eta + \delta w + \theta) - \gamma - k(\delta w + \theta) - \frac{fv^2}{2} \quad (2)$$

所以，3PL 的期望收入

$$E U_L = \alpha + \beta(\varphi v + \delta w) - \gamma - k\delta w - \frac{fv^2}{2} \quad (3)$$

3PL 是风险规避的，其风险成本为

$$\frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta - k)^2\sigma^2)$$

所以，得到 3PL 的确定性等价收入

$$H_L = E U_L - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta - k)^2\sigma^2) = \alpha + \beta(\varphi v + \delta w) - \gamma - k\delta w - \frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta - k)^2\sigma^2) \quad (4)$$

若 3PL 的确定性等价收入 H_L 小于其保留收入 l^* ，3PL 不会接受该激励合同，则 3PL 的参与约束 (IR) 为

$$\alpha + \beta(\varphi v + \delta w) - \gamma - k\delta w - \frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta - k)^2\sigma^2) \geq l^*$$

c. 中小企业收入。

中小企业的实际货币收入

$$U_E = S_L - C_E(w) = \gamma + ku - \frac{nw^2}{2} = \gamma + k(\delta w + \theta) - \frac{nw^2}{2} \quad (5)$$

所以，中小企业的期望收入

$$E U_E = \gamma + k\delta w - \frac{nw^2}{2} \quad (6)$$

中小企业是风险规避的，其风险成本为 $\frac{\iota}{2}k^2\sigma^2$ 。

中小企业的确定性等价收入

$$H_E = E U_E - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 = \gamma + k\delta w - \frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 \quad (7)$$

若中小企业的确定性等价收入 H_E 小于其保留收入 e^* ，中小企业不会接受该激励契约，则中小企业的参与约束 (IR) 为

$$\gamma + k\delta w - \frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 \geq e^*$$

第一层: 政府采购部门和 3PL 的委托代理模型为

$$\max E U_G = -\alpha + (1-\beta)(\varphi v + \delta w)$$

$$\text{s.t. (IR): } \alpha + \beta(\varphi v + \delta w) - \gamma - k\delta w - \frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta-k)^2\sigma^2) \geq l^*$$

$$\text{(IC): } \max H_L = \alpha + \beta(\varphi v + \delta w) - \gamma - k\delta w - \frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta-k)^2\sigma^2)$$

IC 为激励相容约束。

第二层: 3PL 和中小企业的委托代理模型为

$$\max H_L = \alpha + \beta(\varphi v + \delta w) - \gamma - k\delta w - \frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta-k)^2\sigma^2)$$

$$\text{s.t. (IR): } \gamma + k\delta w - \frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 \geq e^*$$

$$\text{(IC): } \max H_E = \gamma + k\delta w - \frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2$$

4 模型分析

政府采购部门与 3PL 签订合同, 委托 3PL 在中小企业完成订单过程中对中小企业进行监督和激励, 但是, 3PL 拥有私人信息, 政府采购部门便无法完全准确地掌握 3PL 和中小企业的努力水平, 同样, 3PL 也无法直接准确地了解中小企业的努力水平, 故政府采购部门与 3PL 之间、中小企业与 3PL 之间都存在着信息不对称的情况, 故此时 3PL 和中小企业的激励相容约束 (IC) 是有效的。

为了中小企业的收益最大化, 对第二层委托代理模型的激励相容约束 (IC) 求中小企业努力水平 w 的偏导, 令其为 0, 可得, $w = \frac{k\delta}{n}$, 同理可得, $v = \frac{\beta\varphi}{f}$ 。

在最优情况下, 参与约束 (IR) 取等号 (委托人 3PL 没有必要支付代理人中小企业更多费用, 政府采购部门也没有必要支付给 3PL 更多费用) 可得,

$$-\gamma = k\delta w - \frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 - e^* \quad (8)$$

$$-\alpha = \beta(\varphi v + \delta w) - \frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 - e^* - \frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta-k)^2\sigma^2) - l^* \quad (9)$$

将 w , v 和 α 代入式 (1) 的目标函数, 可得,

$$\max E U_G = -\frac{k^2\delta^2}{2n} - \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 - \frac{\beta^2\varphi^2}{2f} - \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta-k)^2\sigma^2) + \frac{\beta\varphi^2}{f} + \frac{k\delta^2}{n} - e^* - l^*$$

对 k , β 求导, 并令其导数为 0, 可得,

$$k = \frac{\delta^2 + \beta n \rho \sigma^2}{\delta^2 + (\rho + \iota) n \sigma^2} \quad (10)$$

$$\beta = \frac{\varphi^2 + k f \rho \sigma^2}{\varphi^2 + f \rho (\tau^2 + \sigma^2)} \quad (11)$$

由上述双层委托代理关系模型的求解, 可以得出以下结论:

a. 影响 3PL 和中小企业的工作努力水平的因素。

3PL 的工作努力水平为 $v = \beta\varphi/f$, 中小企业的工作努力水平为 $w = k\delta/n$, 由此可知, 3PL 和中小企业的努力水平与其可得到的激励报酬、其自身的努力效果系数成正比, 即可得到的激励报酬、自身工作能力越强, 3PL 和中小企业越努力工作; 3PL 和中小企业的努力水平与其自身的努力成本系数成反比, 即其自身的努力成本越高, 其越不愿意去付出更多的努力。

b. 影响 3PL 对中小企业激励系数的因素。

由 k 可知, 3PL 对中小企业的激励系数与 β , δ 成正比, 与 n , ι , σ^2 成反比。这表明, 中小企业的努力效果系数越高、政府采购部门给 3PL 的激励报酬越高, 3PL 给中小企业的激励报酬也会越高; 当中小企业的努力成本系数 n 、中小企业的风险规避度 ι 和外界不确定因素的方差 σ^2 越大时, 3PL 支付给中小企业的激励报酬则会越小。

c. 不管中小企业和 3PL 对风险的态度是中性还是规避, 都要承担相应的风险。

由假设可知 3PL 和中小企业对风险持中性或规避态度, 但由 k 和 β 可知, 无论 ρ 和 ι 的取值如何, 总有 $k > 0$, $\beta > 0$, 即无论 3PL 和中小企业对风险的态度是中性还是规避, 都要承担订单完成中相应的风险。当中企业对风险持规避态度, 3PL 对风险持中性态度时, 即 $\rho = 0$, 可得 $\beta = 1$, 即 3PL 要承担除中小企业承担的风险以外的所有风险, 此时政府采购部门和 3PL 之间的关系类似于承包制的合约模式。

5 总代理成本分析

当委托人不能观察到代理人的努力水平时,会产生两种信息对称时不存在的代理成本、风险成本和激励成本^[17]。风险成本是因无法达到帕累托最优风险分担而产生的,激励成本是由代理人付出较低的努力水平导致的最终期望产出的净损失减去努力成本的节约。为了提高激励契约对3PL和中小企业的努力水平的作用,应该尽量减少该委托关系的代理成本,由于该委托关系是双层委托代理关系,故存在着双层代理成本。

总风险成本

$$\Delta RC = \frac{\rho}{2} (\beta^2 \tau^2 + (\beta - k)^2 \sigma^2) + \frac{\iota}{2} k^2 \sigma^2 \quad (12)$$

在信息对称时,政府采购部门能够观测到3PL和中小企业的努力水平,3PL可以观测到中小企业的努力水平,此时3PL和中小企业无法做出违背契约的行为,故激励约束(IC)不起作用,此时任何程度的努力水平都可以由参与约束(IR)强制合同实现,即,

$$\max E U_G = -\alpha + (1 - \beta)(\varphi v + \delta w)$$

$$\text{s.t. (IR): } \alpha + \beta(\varphi v + \delta w) - \gamma - k\delta w -$$

$$\frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2} (\beta^2 \tau^2 + (\beta - k)^2 \sigma^2) \geq l^*$$

$$\text{s.t. (IR): } \gamma + k\delta w - \frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2} k^2 \sigma^2 \geq e^*$$

将 γ 和 α 代入目标函数,可得,

$$\max E U_G = -\frac{nw^2}{2} - \frac{\iota}{2} k^2 \sigma^2 - e^* - \frac{fv^2}{2} - \frac{\rho}{2} (\beta^2 \tau^2 + (\beta - k)^2 \sigma^2) - l^* + (\varphi v + \delta w)$$

对 w, v 求导,并使其导数为0,得到 $w = \frac{\delta}{n}, v = \frac{\varphi}{f}$,即信息对称情形下3PL和中小企业的最优努力水平。

政府采购部门的期望产出的损失

$$\Delta E \pi = \varphi \Delta v + \delta \Delta w = \varphi \left(\frac{\varphi}{f} - \frac{\beta \varphi}{f} \right) + \delta \left(\frac{\delta}{n} - \frac{k\delta}{n} \right) = \frac{\varphi^2(1-\beta)}{f} + \frac{\delta^2(1-k)}{n} > 0 \quad (13)$$

努力成本的节约

$$\Delta C = \Delta C_L(v) + \Delta C_E(w) = \frac{fv^2}{2} + \frac{n\Delta w^2}{2} = \frac{\varphi^2(1-\beta)^2}{2f} + \frac{\delta^2(1-k)^2}{2n} > 0 \quad (14)$$

所以,激励成本

$$\Delta E \pi - \Delta C = \frac{\varphi^2(1-\beta)}{f} + \frac{\delta^2(1-k)}{n} - \left(\frac{\varphi^2(1-\beta)^2}{2f} + \frac{\delta^2(1-k)^2}{2n} \right) = \frac{\varphi^2(1-\beta^2)}{2f} + \frac{\delta^2(1-k^2)}{2n} > 0 \quad (15)$$

总代理成本

$$AC = \Delta RC + (\Delta E \pi - \Delta C) = \frac{\rho}{2} (\beta^2 \tau^2 + (\beta - k)^2 \sigma^2) + \frac{\iota}{2} k^2 \sigma^2 + \frac{\varphi^2(1-\beta^2)}{2f} + \frac{\delta^2(1-k^2)}{2n} \quad (16)$$

由此可以得出以下结论:

a. 信息对称情形下工作努力水平的影响因素。

3PL的工作努力水平为 $v = \varphi/f$, 中小企业的工作努力水平为 $w = \delta/n$, 由此可知, 3PL和中小企业的努力水平与其自身的努力效果系数成正比, 与其自身的努力成本系数成反比。与信息不对称情况下不同的是, 3PL和中小企业的努力水平与3PL和中小企业自身可获得的激励系数 β, k 无关, 因为, $\beta, k \in (0, 1)$, 所以, 信息不对称情况下3PL和中小企业的努力水平小于信息对称情况下的努力水平。

b. 总代理成本的影响因素。

$$AC = \frac{\rho}{2} (\beta^2 \tau^2 + (\beta - k)^2 \sigma^2) + \frac{\iota}{2} k^2 \sigma^2 + \frac{\varphi^2(1-\beta^2)}{2f} + \frac{\delta^2(1-k^2)}{2n}$$

可得,

$$\frac{\partial AC}{\partial \rho} = \frac{\beta^2 \tau^2 + (\beta - k)^2 \sigma^2}{2} > 0, \quad \frac{\partial AC}{\partial \iota} = \frac{k^2 \sigma^2}{2} > 0$$

$$\frac{\partial AC}{\partial \tau^2} = \frac{\rho \beta^2}{2} > 0, \quad \frac{\partial AC}{\partial \sigma^2} = \frac{\rho(\beta - k)^2 + \iota k^2}{2} > 0$$

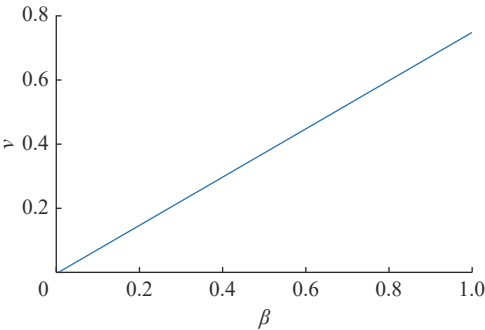
$$\frac{\partial AC}{\partial f} = -\frac{\varphi^2(1-\beta^2)}{2f^2} < 0, \quad \frac{\partial AC}{\partial n} = -\frac{\delta^2(1-k^2)}{2n^2} < 0$$

$$\frac{\partial AC}{\partial \varphi} = \frac{\varphi(1-\beta^2)}{f} > 0, \quad \frac{\partial AC}{\partial \delta} = \frac{\delta(1-k^2)}{n} > 0$$

即总代理成本 AC 是 $\rho, \iota, \tau^2, \sigma^2, \varphi, \delta$ 的增函数, 是 f, n 的减函数, 这表明, 当中小企业和3PL的风险规避度、影响中小企业和3PL产出的外生随机变量的方差、3PL与中小企业的努力效果系数越大时, 总代理成本也会越大; 当3PL和中小企业的努力成本系数越大时, 总代理成本就会越小。

6 仿真分析

基于上述双层激励合同模型, 运用 Matlab 软件对上述激励合同模型的不同参数变化进行数值仿真模拟, 从而直观地反映不同参数变化对激励合同变化的影响。因该双层激励合同主要有代理人的工作努力水平、委托人的激励系数与总代理成本这几个主要的因素, 故下面的数值仿真中变化的因素有: 信息不对称情况下的 3PL 工作努力成本 f 、中小企业工作努力成本 n 、3PL 工作努力效果 φ 、中小企业工作努力效果 δ 、政府采购部门对 3PL 的激励系数 β 、3PL 对中小企业的激励系数 k 、3PL 和中小企业的风险规避度为 ρ 和 ι 、3PL 和中小企业的确定随机变量方差为 σ^2 和 τ^2 。假设模型仿真的参数初始值设定为: $f = n = 0.8$, $\varphi = \delta = 0.6$, $\beta = 0.5$, $k = 0.4$, $\rho = 0.4$, $\iota = 0.8$, $\sigma^2 = 0.5$, $\tau^2 = 0.4$ 。本文所有仿真的参数值都是在查阅大量相关文献的基础上, 结合实际根据各因素的敏感性进行抽象设定的, 并不是现实的双层委托代理模型中各参与方的参数值, 实际项目中需要根据具体情况进行分析。



6.1 影响工作努力水平的因素

信息不对称下, 3PL 的工作努力水平为 $v = \beta\varphi/f$, 中小企业的工作努力水平为 $w = k\delta/n$ 。以 3PL 为例, 保持 f 和 φ 的初值不变, 取 $\beta \in (0, 1)$, 可以得到 3PL 的工作努力水平 v 随 3PL 可得的激励系数 β 的增大而增大; 保持 β 的初值不变, 取 $f \in (0, 1)$, $\varphi \in (0, 1)$, 可得 3PL 的工作努力水平 v 随其自身努力效果系数 φ 的增大而增大, 随其自身努力成本系数 f 的增大而减小, 如图 3 所示, 说明委托人可以通过适当地提高支付给代理人的激励报酬来刺激代理人更加努力地工作; 代理人的工作努力水平也受其自身工作能力和努力成本的影响, 3PL 和中小企业应当适当地开展培训, 积极学习相关业务, 以提高企业的工作效率, 增强自己的企业核心竞争力。信息对称下, 3PL 的工作努力水平为 $v = \varphi/f$, 中小企业的工作努力水平为 $w = \delta/n$, 如图 3 所示, 信息对称情况下 3PL 和中小企业的努力水平高于信息不对称情况下的努力水平, 这说明应将互联网的信息化技术积极运用到供应链金融中, 加速实现供应链上的信息对称, 从而提高供应链的整体效益。

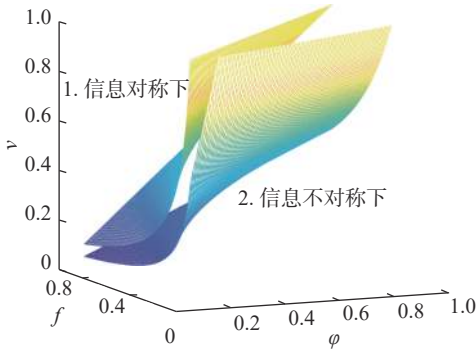


图 3 β, φ, f 对 v 的影响
Fig.3 Influence of β, φ and f on v

6.2 影响总代理成本的因素

总代理成本

$$AC = \frac{\rho}{2}(\beta^2\tau^2 + (\beta - k)^2\sigma^2) + \frac{\iota}{2}k^2\sigma^2 + \frac{\varphi^2(1 - \beta^2)}{2f} + \frac{\delta^2(1 - k^2)}{2n}$$

保持其他参数初值不变, 取 $\iota \in (0, 1)$, $\rho \in (0, 1)$, 可得总代理成本随 3PL 和中小企业的风险规避度 ι 和 ρ 的增大而增大, 如图 4 所示, 即中小企业和 3PL 对风险的厌恶程度越高, 产生的风险成本就会越大, 总代理成本便会越高。保持其他参数的初

值不变, 分别取 $\sigma^2 \in (0, 1)$, $\tau^2 \in (0, 1)$, $n \in (0, 1)$, $f \in (0, 1)$, $\delta \in (0, 1)$, $\varphi \in (0, 1)$, 可得图 4 和图 5, 即总代理成本随着影响中小企业和 3PL 产出的外界随机变量的方差、3PL 与中小企业的努力效果系数的增大而增大, 随着中小企业和 3PL 的努力成本系数的增高而减小。这说明 3PL 与中小企业应当实时密切关注外界的随机变量, 减少外生因素带来的风险成本, 同时各主体应当对 3PL 与中小企业开展适当的培训和自我培训, 提高 3PL 与中小企业的业务水平, 提高产出, 减少努力成本, 从

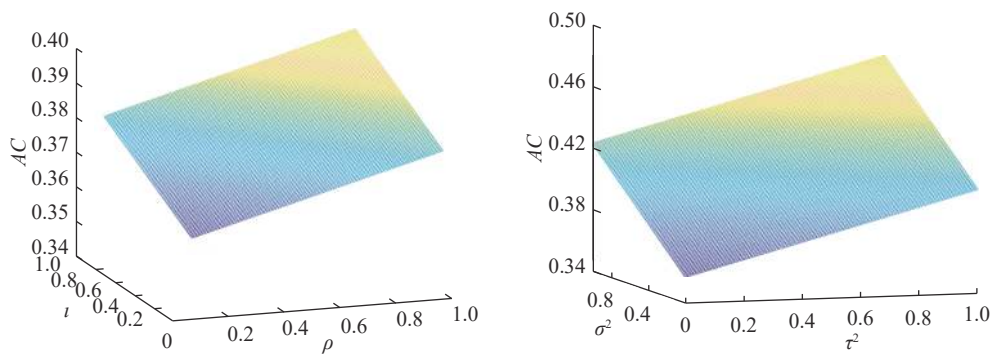


图 4 $\rho, l, \tau^2, \sigma^2$ 对AC的影响
Fig.4 Influence of ρ, l, τ^2 and σ^2 on AC

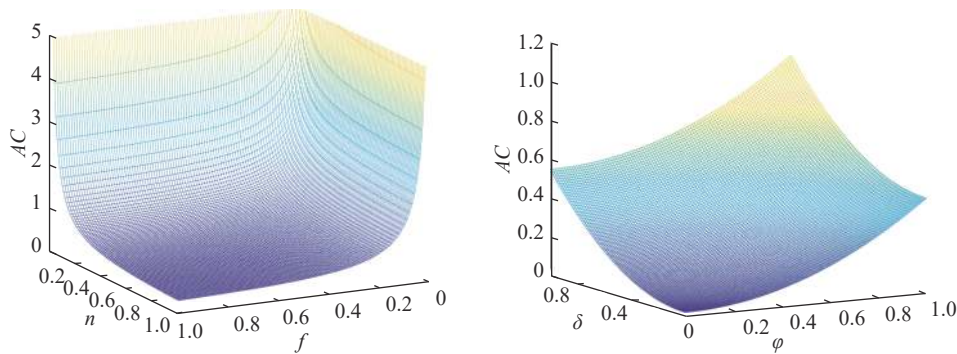


图 5 f, n, ϕ, δ 对AC的影响
Fig.5 Influence of f, n, ϕ and δ on AC

而减少总代理成本，提高各主体的收益，实现共赢。

7 结 论

政府采购合同融资模式是政策功能的创新，充分发挥政府部门在市场中的引导作用，但也体现了政府既不干涉行政管理也不约束市场的行为；政府采购合同融资模式是供应链金融的创新，可以推动诚信体系的建设发展，切实解决中小微企业的融资难问题。本文根据中小企业融资难以及供应链金融中因信息不对称出现的道德风险问题，提出建立政府采购部门、3PL、中标的中小企业的双层委托代理模型，将三方的目标结合起来，研究如何制订最优的政府采购部门-3PL、3PL-中小企业的激励契约。对信息不对称下的激励模型进行分析，可以得出：a. 影响3PL和中小企业工作努力水平的因素；b. 影响3PL对中小企业激励系数的因素；c. 不管中小企业和3PL对风险是持中性还是规避的态度，都要承担相应的风险。对该模型的总代理成本进行分析，可以得出：a. 信息对称情形下中小企业和3PL工作努力

水平的影响因素；b. 总代理成本的影响因素。最后对上述激励合同模型的不同参数变化进行数值仿真模拟，以直观地反映不同参数变化对激励合同变化的影响，从而得出以下几点建议：

- a. 供应链上各企业都应该积极主动开展培训学习，政府相关部门也可以给它们提供必要的帮助与扶持，开展相关公益培训，加强企业工作效率水平与其专业技术水平，提升自身的企业核心竞争力。企业工作效率的提高会带来企业的努力产出系数的增加和努力成本系数的减少，虽然这样会带来总代理成本的增加，但努力水平会得到提升，企业可得的激励报酬会得到提高，同时有利于订单顺利高效地完成，增加收入的同时有利于供应链上各企业的长远发展。
- b. 中小企业资金规模小、抗风险能力弱，所以，风险规避度较大，这也就导致了可得激励报酬较少、总代理成本较大。政府相关部门可以给予供应链上中小企业一定的政策支持和发展机会，同时供应链上各企业应当抓住机会不断努力使自己强大起来，以增强抵御风险的能力，降低总代理成本的同时增加自身收入。
- c. 各企业应当实时密切关注市场上的外生随机

因素，如经济形势、国家经济政策、气候变化等，做好及时应对外界情况变化的准备。各企业也应当尽量保持自身的运营方式相对稳定，转型速度要稳，以减少市场随机因素负面影响的发生。

d. 在制订适当激励契约的同时也应该积极将区块链、人工智能、大数据等信息化技术在供应链金融中推广开来，加速金融科技的发展，实现供应链上的信息对称，从而提高各企业的工作努力水平，减少总代理成本的产生，提高供应链上各主体的收益，实现多方共赢，为政府采购合同融资模式的深入发展提供理论参考，同时促进中小企业的创新发展。

参考文献：

[1] 朱金铭. 疫情下中小企业财务困境及对策研究 [J]. 中国商论, 2021(2): 141-143.

[2] 闫焱, 马忻. 新冠疫情对中小企业融资影响及对策研究 [J]. 商场现代化, 2020(6): 90-91.

[3] SONG H, YANG X, YU K K. How do supply chain network and SMEs' operational capabilities enhance working capital financing? An integrative signaling view[J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 220: 107447.

[4] REZA-GHAREHBAGH R, HAFEZALKOTOB A, ASIAN S, et al. Peer-to-peer financing choice of SME entrepreneurs in the re-emergence of supply chain localization[J]. *International Transactions in Operational Research*, 2020, 27(5): 2534-2558.

[5] 财政部. 财政部、工信部有关负责人就印发《政府采购促进中小企业发展管理办法》答记者问 [N]. 中国政府采购报, 2020-12-29(01).

[6] 邢祎. 中小企业政府采购合同融资发展路径问题研究 [J]. *全国流通经济*, 2019(18): 94-95.

[7] SUN X H, CHU X J, WU Z D. Incentive regulation of banks on third party logistics enterprises in principal-agent-based inventory financing[J]. *Advances in Manufacturing*, 2014, 2(2): 150-157.

[8] DE GIOVANNI P. Closed-loop supply chain coordination through incentives with asymmetric information[J]. *Annals of Operations Research*, 2017, 253(1): 133-167.

[9] 徐鹏, 伏红勇, 王磊, 等. 农产品供应链金融中银行对 3PL 的激励监督机制研究 [J]. 管理评论, 2018, 30(10): 26-39.

[10] 陈畴镛, 黄贝拉. 互惠性偏好下的供应链金融委托代理模型比较研究 [J]. *商业经济与管理*, 2015(12): 52-60.

[11] 史金召, 郭菊娥, 晏文隽. 在线供应链金融中银行与 B2B 平台的激励契约研究 [J]. *管理科学*, 2015, 28(5): 79-92.

[12] 张芳, 崔文翠. 基于委托代理理论的农超对接供应链激励机制研究 [J]. *商业研究*, 2015(4): 177-182.

[13] 张新立, 姜明佐, 杨玲. 风险投资双层委托代理的报酬契约与代理成本分析 [J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2012, 35(2): 154-158.

[14] 李栗. 代建制下基于工期和质量目标的双层委托代理模型研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2012.

[15] 陈其安, 陈抒好, 沈猛. 地方政府与投融资平台: 基于政府担保和激励视角的委托-代理模型 [J]. 系统管理学报, 2018, 27(1): 72-82,92.

[16] 蒲勇健. 植入“公平博弈”的委托-代理模型——来自行为经济学的一个贡献 [J]. *当代财经*, 2007(3): 5-11.

[17] 张维迎. 博弈论与信息经济学 [M]. 上海: 上海人民出版社, 2004.

(编辑：石 瑛)