

## 质量投机行为对投标的影响研究

邵晓双,屈成忠,鞠彦忠

(东北电力大学建筑工程学院,吉林 吉林 132012)

摘要:通过两阶段的博弈分析,得出承包商在施工的过程中,实际的施工质量水平往往低于业主在招标文件中规定的施工质量水平;而在投标阶段,承包商往往根据对实际可采用的施工质量水平的预期,进行投标报价,从而在某些情况下,低价中标的招标机制中,高成本的承包商也可能中标。

关键词:双寡头竞争;博弈论;承包商;质量;低价中标

中图分类号:F407.9

文献标识码:A

### 0 引言

随着市场的发展,机会性投标越来越多,承包商相信总能够找到办法以低于市场价格完成建设项目,并且获得合理的利润水平<sup>[1-3]</sup>,近年来工程建设中的质量问题屡见不鲜就是很好的证明,究其原因主要有以下两点:第一,承包商为了获得投标竞争的胜利,往往努力压低投标价格,以低于成本的价格进行投标报价,获得项目的建设任务;第二,在建设过程中,为了弥补利润上的不足,承包商便采取降低质量的方式,以期降低施工成本,从而导致工程不能完全按照设计的标准进行建设。

针对招投标市场中的这一现象,结合承包商施工过程中的表现,采用博弈论的分析方法,研究承包商在投标过程中的投机行为:以低于成本的价格承揽工程建设,待中标后,通过降低施工质量水平的方式,以弥补利润上的不足。

### 1 模型

考虑两阶段的博弈分析:第一阶段,假设市场上只有两家承包商<sup>[4]</sup>,两家承包商就投标报价展开竞争;第二阶段,在施工的过程中,获胜的承包商同业主就施工质量水平展开博弈。

#### 1.1 承包商之间的博弈模型

假设在要求的工程质量水平  $m_0$  (假定业主所规定的施工质量水平,是使其综合成本最低的质量水平)下,两家承包商具有不同的工程成本,分别以  $c_1$  及  $c_2$  表示,不妨假设  $c_1 < c_2$ ,设其报价分别为  $p_1$  及  $p_2$ ,则其利润为:

$$\pi_i = \begin{cases} p_i - c_i & \text{if } p_i < p_{3-i} \\ \frac{p_i - c_i}{2} & \text{if } p_i = p_{3-i} \quad (i=1 \text{ 或 } 2) \\ 0 & \text{if } p_i > p_{3-i} \end{cases} \quad (1)$$

则其总利润为:

$$\pi_i = (p_i - c_i) P(p_i < p_{3-i}) + \frac{1}{2} (p_i - c_i) P(p_i = p_{3-i})$$

因为承包商的投标报价是连续分布的,二者相等的概率为0,所以

$$\pi_i = (p_i - c_i) P(p_i < p_{3-i})$$

假定承包商均为理性的,即其投标报价在其成本及一定的上浮系数之间服从均匀分布,为了简化起见,假定两承包商的上浮系数相同,设为  $\mu$ ,则承包商  $i$  的投标报价在  $[c_i, \mu c_i]$  上服从均匀分布。双方并不知道对方的成本,但都知道成本在区间  $[c_{\min}, c_{\max}]$  上服从均匀分布,因此  $c_{\min} < c_1 < c_2 < c_{\max}$ 。

$$\text{如果 } p_1 < p_2 \text{ 则 } \begin{cases} \pi_1 = (p_1 - c_1) \\ \pi_2 = 0 \end{cases}$$

$$\text{如果 } p_1 \geq p_2 \text{ 那么 } c_1 < c_2 < \mu c_1 < \mu c_2$$

$$\pi_1 = (p_1 - c_1) \int_{c_{\min}}^{c_{\max}} dc_2 \int_{p_1}^{\mu c_2} \frac{1}{\mu c_2 - c_2} dp_2 = (p_1 - c_1) \left[ \frac{\mu}{\mu - 1} (c_{\max} - c_{\min}) + \frac{p_1}{\mu - 1} \ln \frac{c_{\min}}{c_{\max}} \right]$$

$$\pi_2 = (p_2 - c_2) \int_{c_{\min}}^{c_{\max}} dc_1 \int_{p_2}^{\mu c_1} \frac{1}{\mu c_1 - c_1} dp_1 = (p_2 - c_2) \left[ \frac{\mu}{\mu - 1} (c_{\max} - c_{\min}) + \frac{p_2}{\mu - 1} \ln \frac{c_{\min}}{c_{\max}} \right]$$

即

$$\pi_i = (p_i - c_i) \left[ \frac{\mu}{\mu - 1} (c_{\max} - c_{\min}) + \frac{p_i}{\mu - 1} \ln \frac{c_{\min}}{c_{\max}} \right] \quad (2)$$

## 1.2 承包商与业主之间的博弈模型

从业主的角度质量与项目综合成本的关系如图 1 所示<sup>[5]</sup>;

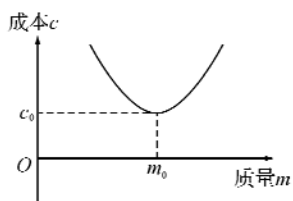


图 1 业主方质量与综合成本的关系

Fig. 1 The relationship between the comprehensive cost and the quality of owners'

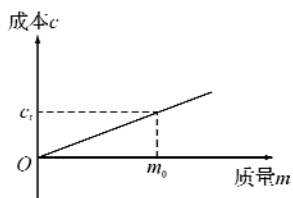


图 2 承包方质量与建设成本关系

Fig. 2 The relationship between the building cost and the quality contractors'

因此业主方质量与综合成本之间的关系满足二次等式,可以写成下面的形式:

$$c = a + b_1 m + b_2 m^2$$

其中,  $c$  为业主方的工程成本;

$m$  为工程质量;

$a, b_1, b_2$  为参数.

对上式进行求导可得:  $c' = b_1 + 2b_2 m$

所以成本最低的施工质量为

$$m_0 = -b_1 / (2b_2)$$

最低成本为

$$c_0 = a - \frac{b_1^2}{4b_2}$$

承包商质量与建设成本之间满足线性关系,可以写成下面的形式:

$$c_i = k_i m$$

其中,  $c_i$  为承包商的工程成本;

$m$  为工程质量;

$k_i$  为参数,在这里  $i=1$  或  $2$ .

业主方的利润函数如下:

$$\begin{cases} \pi = v_0 + (c_y - p_i) - c = v_0 + (c_y - p_i) - (a + b_1 m + b_2 m^2) & \text{施工过程中不更换承包商} \\ \pi = v_0 + (c_y - p_i) - c_0 - c_h & \text{施工过程中更换承包商} \end{cases}$$

其中,  $v_0$  为业主方该项目的预期收入;

$c_y$  为质量水平,为  $m_0$  时业主方预期该项目的建设成本;

$c_0$  为质量水平,为  $m_0$  时业主方项目的综合成本;

$p_i$  为承包商  $i$  的投标报价,在这里  $i=1$  或  $2$ ;

$c_h$  为更换承包商的成本,包括原承包商退场费用、新承包商进场费用以及两个承包商的报价差额.

承包商  $i$  的利润函数为:

$$\pi_i = p_i - c = p_i - k_i m$$

这里,  $P_i$  为承包商  $i$  的投标报价,在这里  $i=1$  或  $2$ .

## 2 博弈分析

根据博弈论的思想<sup>[6]</sup>,采用逆推法,从第二阶段博弈开始分析.从第二阶段博弈中承包商  $i$  的利润函数可以看出,承包商在施工的过程中为了使利润最大化,必然努力降低施工质量,然而当质量降低到一定程度,将遭到业主的惩罚,从而更换承包商,由业主的利润函数可以得出,业主不更换承包商的最底施工质量水平满足下面的公式:

$$v_0 + (c_y - p_i) - c^* = v_0 + (c_y - p_i) - (a + b_1 m^* + b_2 m^{*2}) = v_0 + (c_y - p_i) - c_0 - c_h$$

整理得:

$$a + b_1 m^* + b_2 m^{*2} = c_0 + c_h$$

所以,

$$m^* = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 - 4b_2(a - c_0 - c_h)}}{2b_2}$$

因为承包商必定会努力降低施工质量水平,其采用的施工质量低于  $m_0$ ,所以取负号,即

$$m^* = \frac{-b_1 - \sqrt{b_1^2 - 4b_2(a - c_0 - c_h)}}{2b_2} = \frac{-b_1 - \sqrt{4b_2 c_h}}{2b_2}$$

下面考虑第一阶段的博弈,假定两家承包商均采用投机性投标行为.由于采用投机性投标行为,两家承包商均可以预测到实际施工时可以采用的施工质量水平  $m^*$ ,因此承包商 1 将按照实际施工质量水平的成本  $k_1 m^*$  进行投标报价,承包商 1 的利益最大化一阶条件为:

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} = \frac{\mu}{\mu - 1} (c_{\max} - c_{\min}) + \frac{p_1}{\mu - 1} \ln \frac{c_{\min}}{c_{\max}} + \frac{(p_1 - k_1 m^*)}{\mu - 1} \ln \frac{c_{\min}}{c_{\max}} = 0$$

承包商 2 按照实际施工质量水平的成本  $k_2 m^*$  进行投标报价,承包商 2 的利益最大化一阶条件为:

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \frac{\mu}{\mu-1}(c_{\max}-c_{\min}) + \frac{p_2}{\mu-1} \ln \frac{c_{\min}}{c_{\max}} + \frac{(p_2-k_2 m^*)}{\mu-1} \ln \frac{c_{\min}}{c_{\max}} = 0$$

所以

$$p_1^* = \frac{1}{2} \left[ k_1 m^* + \frac{\mu(c_{\max}-c_{\min})}{\ln \frac{c_{\max}}{c_{\min}}} \right]$$

$$p_2^* = \frac{1}{2} \left[ k_2 m^* + \frac{\mu(c_{\max}-c_{\min})}{\ln \frac{c_{\max}}{c_{\min}}} \right]$$

结论一:根据假定  $c_1 < c_2$ , 推定  $k_1 m^* < k_2 m^*$ , 所以如果两个承包商均采取机会性投标行为, 则承包商1中标, 即低成本的承包商中标。

### 3 对本问题的进一步讨论

考察一下承包商的利润:

如果投标时采用投机性投标, 施工过程中不降低施工质量水平, 承包商的利润为:

$$\pi_i = p_i^* - c_0 = p_i - k_i m_0 = \frac{1}{2} \left[ k_i \frac{b_1 - \sqrt{4b_2 c_{h1}}}{2b_2} + \frac{\mu(c_{\max}-c_{\min})}{\ln \frac{c_{\max}}{c_{\min}}} \right]$$

如果施工过程中降低施工质量水平, 承包商的利润为:

$$\pi_i = p_i - k_i m^* = \frac{1}{2} \left[ k_i m^* + \frac{\mu(c_{\max}-c_{\min})}{\ln \frac{c_{\max}}{c_{\min}}} \right] - k_i m^* = \frac{1}{2} \left[ k_i \frac{b_1 - \sqrt{4b_2 c_{h1}}}{2b_2} + \frac{\mu(c_{\max}-c_{\min})}{\ln \frac{c_{\max}}{c_{\min}}} \right]$$

结论二:如果投标时采用投机性投标, 施工过程中承包商总是努力降低施工质量水平, 由此获得的超额利润为:  $\pi_i^e = \sqrt{c_h} / \sqrt{b_2}$ 。

考察一下业主的利润:

如果不采用机会性投标, 业主的利润为(此时  $m^* = m_0$ ):

$$\pi = v_0 + (c_y - p_i) - c_0 = v_0 + \left[ c_y - \frac{1}{2} \left[ k_i m_0 + \frac{\mu(c_{\max}-c_{\min})}{\ln \frac{c_{\max}}{c_{\min}}} \right] \right] - c_0$$

采用机会性投标, 业主的利润为:

$$\pi = v_0 + (c_y - p_i) - c^* = v_0 + \left[ c_y - \frac{1}{2} \left[ k_i m^* + \frac{\mu(c_{\max}-c_{\min})}{\ln \frac{c_{\max}}{c_{\min}}} \right] \right] - c^*$$

结论三:如果承包商采用机会性投标, 业主的利润将降低, 降低值为

$$\pi^j = c_h - \frac{1}{2} k_i \sqrt{c_h} / \sqrt{b_2}$$

在上面的分析中, 假定对于两家承包商, 在施工过程中, 如果业主更换承包商, 具有相同的更换成本, 但现实情况却并非如此。假设对于不同的承包商, 业主更换承包商的成本为  $c_{hi}$ , 则业主同承包商博弈均衡时的施工质量水平为:

$$m_i^* = \frac{-b_1 - \sqrt{4b_2 c_{hi}}}{2b_2}$$

所以此时

$$p_2^* - p_1^* = k_2 m_2^* - k_1 m_1^* = \frac{c_2}{m_0} m_2^* - \frac{c_1}{m_0} m_1^* = \left( -\frac{2b_2}{b_1} \right) \left( c_2 \frac{-b_1 - \sqrt{4b_2 c_{h2}}}{2b_2} - c_1 \frac{-b_1 - \sqrt{4b_2 c_{h1}}}{2b_2} \right)$$

如果  $p_2^* = p_1^*$ , 则

$$c_2 (b_1 + \sqrt{4b_2 c_{h2}}) = c_1 (b_1 + \sqrt{4b_2 c_{h1}})$$

结论四:若两家承包商均采用投机性投标, 当  $c_2 (b_1 + \sqrt{4b_2 c_{h2}}) < c_1 (b_1 + \sqrt{4b_2 c_{h1}})$  时, 承包商2中标, 即高成本的承包商中标。

上述情况是可能的, 因为施工成本低的承包商(即管理水平高的承包商), 往往采用比较先进的施工设备, 因此其上下场费用也较高。

### 4 结论及建议

通过上面的分析, 可以得出:在实际施工的过程中, 承包商倾向于努力降低施工质量水平, 而业主则倾向于保证施工质量水平, 或者说不使施工质量水平降低得过多, 在博弈均衡时, 施工质量水平为  $m^*$ , 略低于  $m_0$ ; 根据对施工质量水平的推测, 承包商为了获得投标竞争的胜利, 往往根据可以采用的实际施工质量水平  $m^*$  进行投标报价, 由此导致业主利润的损失。

通过以上的分析可以得出:在低价中标的过程中, 高成本的承包商在某些情况下, 也可以报出相对较低的价格, 从而获得投标的胜利, 因此, 这就要求业主在招标之前, 加强对承包商信誉度的考察; 在施工的过程中, 严格加强对施工的管理, 努力使施工过程中更换承包商的成本降低为零, 这样, 承包商将不再有动机采取机会性投标的行为。

(下转第90页)

- supermarket cashiers: a quasi-experimental study[J]. Int Arch Occup Environ Health, 2007, 80: 248-253.
- [6] 朱序璋. 人机工程学[M]. 西安: 西安科技大学出版社, 1999.
- [7] 黄君舟. 注塑生产过程的人机工程学研究与应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
- [8] 王济川, 郭志刚. Logistic 回归模型方法与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 9.

## Study of labor injury based on the subjective feeling of the computer operators

WANG Xiao-guang, ZHAO Feng, CHEN Ming-sen, GENG Ling-hong

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** By applying of the concepts of the modern ergonomics, the paper studied the factors which may cause work injury. Questionnaire has studied the factors which are likely to cause labor injury from the time sides, the physical sides, environmental sides, and the psychological side. Then we can get a mathematical model to describe, analyze and research the work injury of the computer operators quantitatively through Logistic regression. Based on this model, we can improve the factors which caused the labor injury, and then achieve the objective of reducing labor injury.

**Key words:** computer operator; labor injury; questionnaire; logistic regression

本文编辑: 陈晓苹



(上接第 85 页)

参考文献:

- [1] Dyer D, Kagel J H. Bidding in common value auctions: How the commercial construction industry corrects for the winners curse[J]. Manage Sci, 1996, 42(10): 1463-1475.
- [2] Krishna Mochtar, David Arditi. Pricing strategy in the US construction industry [J]. Construction Management and Economics, 2001, 19: 405-415.
- [3] Fang Dongping, Li Mingcn, Li Yinshen, et al. Risks in Chinese Construction Market Contractors' Perspective[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, 130(6): 853-861.
- [4] Griffis F II (Bud). Bidding Strategy: Winning over Key Competitors[J]. Constr Eng Manage, 1992, 118(1): 151-165.
- [5] 全国造价工程师执业资格考试培训教材编审委员会. 建设工程技术与计量(土建工程部分)[M]. 北京: 中国计划出版社, 2003: 274.
- [6] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 三联出版社, 1996.

## The implication study of opportunism about quality on bidding

SHAO Xiao-shuang, QU Chen-zhong, JU Yan-zhong

(School of Project and Construction Engineering, Northeast Dianli University, Jilin 132012, China)

**Abstract:** In the text, an analytical framework was developed to investigate the implications of opportunism about quality on bidding. The model of two-stage-game was built, and got that the level of quality in the building is a bit lower than asked by the tender in the contract. In the course of tending, bidders price their bid according the prospective quality of building. So in the mechanism of the minimum price get the object, the bidder who has the higher cost can also get the contract in some case.

**Key words:** duopoly; game theory; contractor; quality; the minimum price get the object

本文编辑: 陈晓苹