

文章编号: 1005-0523(2004)04-0030-04

博弈论在工程项目质量管理中的应用

陈鹏¹, 吴育华¹, 金宇澄²

(1. 天津大学 管理学院, 天津 300072; 2. 华东交通大学 教务处, 江西 南昌 330013)

摘要: 质量控制是工程项目管理的一个重要方面, 引起了各方极大的关注. 本文应用博弈论中的完全信息静态博弈对工程项目质量控制进行了定量分析, 得到了混合战略纳什均衡点, 并对监理单位施工单位的具体行为作了较详细的分析, 为业主方和监理单位更好的进行质量控制工作提供了一定的理论依据.

关键词: 博弈论; 质量控制; 纳什均衡

中图分类号: TU712.3

文献标识码: A

0 引言

在工程项目管理中, 质量控制是指为了确保合同所规定的质量标准, 各方所采取的一系列的质量监督管理的措施、方法和手段, 具体包括业主委托监理单位的质量控制、施工单位的质量控制和质检站代表政府和公众对工程项目的质量监督等.

对于具体的工程项目而言, 主要参与方包括业主、施工单位和监理单位. 一方面由业主与施工单位签订施工合同, 委托施工单位按照合同的内容和要求完成施工任务, 达到合同中的质量要求, 同时业主支付合同规定的相关费用; 另一方面, 业主和监理单位签订监理合同, 委托监理单位代表业主对施工单位的工程质量进行专业的监督和管理.

由于施工单位与业主或者政府所追求的经济目标并不完全相同, 虽然施工单位的职责、行为已经由双方签订的承包合同所约束, 但是并不能排除施工单位为了追求自身的经济利益, 从而做出有损于工程质量的不良行为. 同时, 由于监理单位控制工程项目质量受到了人员和资金的限制, 难以对施

工单位的每一道工序或作业进行检查, 只能采取抽查的方式安排其检查力量. 一旦出现质量问题, 施工单位是选择欺瞒还是不欺瞒, 对不确定是否出现质量问题的部位, 监理单位是选择检查还是不检查, 这就形成了关于工程质量控制的一个两方博弈问题.

1 工程项目质量控制的博弈对策模型

1.1 模型假设

在已经出现工程质量问题的前提下, 根据博弈论的相关知识, 我们有以下的模型假设:

1) 参与人. 在工程项目质量控制的博弈对策模型中, 假定有两个参与人, 即监理单位(参与人 A)和施工单位(参与人 B). 在此, 出于讨论问题的需要, 我们另设立两个假定: ① 监理单位的监理人员中无不道德行为, 这可通过建立一种激励与监督机制, 使监理单位的监理人员有高度的责任制, 从而能维护业主和国家利益; ② 监理单位拥有一支业务素质高的监理队伍, 如果他们检查有质量问题的部位就一定能查出问题.

2) 行动. 我们用 a_i 表示参与人 A 在博弈对策

收稿日期: 2004-01-12

作者简介: 陈鹏(1980-), 男, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 研究方向: 管理科学与工程.

模型中的一个特定行动, $A_A = \{a_i\}$ 表示可供 A 选择的所有行动的组合; 同样的, 用 b_i 表示参与人 B 在博弈对策模型中的一个特定行动, $A_B = \{b_i\}$ 表示可供 B 选择的所有行动的组合. 因此有:

a_1 —检查施工单位的质量, a_2 不检查施工单位的质量;

b_1 —不欺瞒质量问题, b_2 欺瞒质量问题;

$$A_A = \{a_1, a_2\}, A_B = \{b_1, b_2\};$$

相对应的, 本模型的行动组合包括: (a_1, b_1) , (a_1, b_2) , (a_2, b_1) , (a_2, b_2) .

在行动顺序上, 我们认为所有参与人的行动顺序是一致的, 忽略时间不一致的影响, 即认为这是一个静态博弈.

3) 信息. 为了讨论问题的需要, 我们在模型中假定每个参与方对其他参与方的行动策略都有准确了解, 即本模型假定参与方的信息是完全的. 基于以上的两个假设, 本博弈对策模型就清晰化成了一个完全信息静态博弈模型.

4) 支付. 令 u_i 为第 i 个参与人的支付(效用水平), 其中 $i=A, B$. 我们再假设施工单位欺瞒质量问题的金额为 m , 监理单位查出施工单位欺瞒质量问题时的惩罚系数为 k , 监理单位进行质量检查的成本为 c , 那么有:

$$\begin{aligned} u_A(a_1, b_1) &= -c, u_B(a_1, b_1) = -m, \\ u_A(a_2, b_2) &= km - c, u_B(a_1, b_2) = -km - m. \\ u_A(a_2, b_1) &= 0, u_B(a_2, b_1) = -m, \\ u_A(a_2, b_2) &= -m, u_B(a_2, b_2) = 0. \end{aligned}$$

1.2 纯战略博弈模型

在此, 我们得到了不同的纯战略组合的支付矩阵, 见表 1.

表 1 工程质量控制纯战略博弈

		施工单位 B	
		不欺瞒 b_1	欺瞒 b_2
监理单位 A	检查 a_1	$(-c, -m)$	$(km - c, km - m)$
	不检查 a_2	$(0, -m)$	$(-m, 0)$

我们假定 $c < km$, 在这个假设下, 以上博弈不存在纳什均衡.

1.3 混合战略博弈模型

在此, 我们再引入两个假设, 令 θ 代表监理单位检查质量的概率, γ 代表施工单位不欺瞒质量问题的概率, 于是我们得到了混合战略下的支付矩阵, 见表 2.

表 2 工程质量控制混合战略博弈

		施工单位 B	
		不欺瞒 $b_1(\gamma)$	欺瞒 $b_2(1-\gamma)$
监理单位 A	检查 $a_1(\theta)$	$(-c, -m)$	$(km - c, km - m)$
	不检查 $a_2(1-\theta)$	$(0, -m)$	$(-m, 0)$

1.4 混合战略纳什均衡

下面我们来求解混合战略下的纳什均衡.

给定 γ , 监理单位选择检查 ($\theta=1$) 和不检查 ($\theta=0$) 的期望收益分别为:

$$\pi_A(1, \gamma) = -c\gamma + (km - c)(1 - \gamma) = km - km\gamma - c$$

$$\pi_A(0, \gamma) = 0\gamma + (-m)(1 - \gamma) = m\gamma - m$$

$$\text{令 } \pi_A(1, \gamma) = \pi_A(0, \gamma), \text{ 得: } \gamma^* = \frac{km + m - c}{km + m} = 1 - \frac{c}{(k+1)m}$$

即: 如果施工单位不欺瞒的概率 $\gamma < \gamma^* = \frac{km + m - c}{km + m} = 1 - \frac{c}{(k+1)m}$, 也就是说欺瞒的概率大

于 $\gamma^* = 1 - \frac{c}{(k+1)m}$, 监理单位的最优选择是检查; 如果施工单位欺瞒的概率小于 $\gamma^* = 1 - \frac{c}{(k+1)m}$, 监理单位的最优选择是不检查; 如果施

工单位欺瞒的概率等于 $\gamma^* = 1 - \frac{c}{(k+1)m}$, 监理单位就会随机的选择是检查还是不检查.

同样的, 给定 θ , 施工单位选择不欺瞒 ($\gamma=1$) 和欺瞒 ($\gamma=0$) 的期望收益分别为:

$$\pi_B(\theta, 1) = (-m)\theta + (-m)(1 - \theta) = -m$$

$$\pi_B(\theta, 0) = (-km - m)\theta + 0(1 - \theta) = -km\theta - m\theta$$

$$\text{令 } \pi_B(\theta, 1) = \pi_B(\theta, 0), \text{ 得: } \theta^* = \frac{1}{k+1}$$

即: 如果监理单位检查的概率 $\theta < \theta^* = \frac{1}{k+1}$, 施工单位的最优选择是欺瞒; 如果监理单位检查的概率大于 $\theta^* = \frac{1}{k+1}$, 施工单位的最优选择是不欺瞒; 如

果监理单位检查的概率等于 $\theta^* = \frac{1}{k+1}$, 施工单位就会随机的选择是欺瞒还是不欺瞒.

因此, 混合战略下的纳什均衡就是: $\theta^* = \frac{1}{k+1}$,

$\gamma^* = 1 - \frac{c}{(k+1)m}$, 即监理单位以 $\frac{1}{k+1}$ 的概率检查

工程质量, 施工单位以 $1 - \frac{c}{(k+1)m}$ 的概率不欺瞒

质量问题,或者说以 $\frac{c}{(k+1)m}$ 的概率进行欺瞒质量问题.

在工程整个过程中,要进行很多次的工程质量检查.因此,这个纳什均衡也可以解释为:在众多的质量检查中,监理单位以 $\frac{1}{k+1}$ 的比例来选择检查工程质量,施工单位以 $\frac{c}{(k+1)m}$ 的比例选择欺瞒质量问题, $m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$.

2 现实意义

2.1 现实意义中的纳什均衡

由以上分析可以看出,工程质量控制博弈的纳什均衡和监理单位的质量检查成本 c 、施工单位欺瞒质量问题的金额 m 、监理单位查出施工单位欺瞒质量问题时的惩罚系数 k 三者有关.对欺瞒质量问题的惩罚越高,欺瞒质量问题的金额越少,施工单位欺瞒质量问题的概率就越小,监理单位的检查成本越高,施工单位欺瞒质量问题的概率就越大,反之亦然.

从纯理论的角度出发,监理单位的检查概率 θ^* 与惩罚系数 k 存在着完全的线性关系,但是在工程实际中却不是这样.一方面,由于各种法律法规和行业条例的限制,惩罚系数 k 有一个范围的限制,另一方面,检查概率 θ^* 也由于监理单位的人力物力的限制而不能超越一定的范围.基于心理上的原因,惩罚系数 k 越大,对施工单位的威慑也就会越大,容易造成监理单位的心理安全感,这就导致了较小的检查概率 θ^* ,反之亦然.

由于在工程质量控制中监理单位和施工单位所处的地位不一样(前者是监督者,后者是被监督者),惩罚系数 k 对于二者的意义并不完全一致.在规定的惩罚系数 k 之外,双方还各自存在着一个心理惩罚系数,它具有更实际的意义.我们假定监理单位的心理惩罚系数为 k_A ,施工单位的是 k_B .在施工单位欺瞒质量问题被监理单位查出后,业主只是获得了一定的金钱补偿,而施工单位损失的却不仅仅是一定数额的金钱,还包括自身的行业信誉和以后的工程中标机会,因此,我们可以认为 $k_A \approx k$, $k_B \gg k$,混合战略下的纳什均衡可以修正为: $\theta^* = \frac{1}{k_A+1}$, $\gamma^* = 1 - \frac{c}{(k_B+1)m}$.这样就很容易解释为什么在相同的工程条件下,大型工程公司往往要比较

小的工程公司更加注重工程质量,前者更加注重自身的信誉,其心理惩罚系数自然也要大得多.

2.2 纳什均衡对工程项目质量控制的指导意义

在工程项目质量管理中,我们总是想尽量减少施工单位的欺瞒概率 $\frac{c}{(k_B+1)m}$,因此应该从以下几方面着手来解决质量欺瞒的问题.

一方面,监理单位要从自身做起,减少其质量检查成本 c ,但由于工程规模和人力物力方面的原因, c 是有下限的,所以应该着重从后两个方面入手解决问题.

对于 m ,双方存在着信息不对称问题,对施工单位而言, m 是其欺瞒质量问题的金额实质;对于监理单位而言,其含义是因未达到合同所规定的质量标准给业主带来的质量损失的货币形式,即施工单位因未达到质量标准应该支付而未支付的费用,而这与国际标准化组织给故障成本下的定义正好吻合.众所周知,质量成本是可以计量的,作为质量成本的构成部分故障成本也必然是可以计量的.因此, m 值的确定就可参照故障成本的计量方法进行计算.

在监理单位确定 m 之后,他就可以根据不同的情况来安排自己的检查概率.如果计算出的 m 较大,在一定的 γ^* 下, k 就会越小,监理单位的检查概率 θ^* 就要越大,反之亦然,这样才能在合理安排资源的基础上最有效的保证工程质量.

从纳什均衡中的 $\theta^* = \frac{1}{k+1}$,我们可以得到 $k = \frac{1}{\theta^*} - 1$,该公式揭示了惩罚系数 k 与检查概率 θ^* 之间的关系,我们可以看到,检查概率越大,惩罚系数越小,惩罚金额越小,反之亦然.这与实际是吻合的,因为监理单位对施工单位工程项目质量检查的概率越大,在模型假设的两个条件下,施工单位欺瞒质量问题的可能性越小.但是在工程实际中,惩罚系数 k 与检查概率 θ^* 都受到各方面的限制,它们之间也需要达到一个均衡.具体确定多大的惩罚系数比较适宜,一方面要对建筑业质量水平进行广泛的调查,对有关数据和资料进行统计分析;另一方面,要根据工程项目的不同、导致质量欺瞒事实的原因不同给予不同的惩罚系数,以达到维护业主和国家利益的目的.

在确定了惩罚系数的同时,还应该制定的一定的规章制度,应对施工单位有关人员予以相应制裁,情节轻微者,承担一定的罚金;情节严重者,依

法量刑,增大施工单位的心理惩罚系数 k_B , 以有效的制约、杜绝施工单位的质量欺瞒活动。

3 结 语

本文运用了博弈论中的完全信息静态博弈模型,对工程项目质量控制进行了一定深度的分析,得到了加强工程项目质量管理的一般性结论。在实际工作中,我们要从检查成本、欺瞒金额和惩罚系数等方面入手,杜绝施工单位的质量欺瞒活动。

当然,实际问题很复杂,比如有些质量问题不是由于施工单位有意或无意的质量欺瞒所造成而是由于不可抗拒的原因所导致,而且检查也应分为一般检查和重点检查,对严重影响工程质量的施工部位和施工阶段可布置重点检查,另外如何均衡惩罚系数 k 与检查概率 θ^* ,如何确定施工单位的心理

惩罚系数 k_B 等数值,这些会在以后的研究中进行深入分析。

参考文献:

- [1] 吴育华,付永进. 决策对策与冲突分析[M]. 南方出版社, 2001.
- [2] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社, 1996.
- [3] 王雪青. 国际工程项目管理[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2000.
- [4] Drew Fudenberg, Jean Tirole. Game Theory [M]. MIT press, 1991.
- [5] James Friedman. Game Theory With Application to Economics [M]. Oxford University press, 1990.
- [6] 杨少华. 浅谈建筑工程施工的质量控制[J]. 工程质量, 2002, (8): 22-25.
- [7] 张雪芹,孙仲均. 发挥社会监理的作用必须处理好几个关系[J]. 工程质量, 2000(5): 32-35.

Application of Game Theory in Quality Management of Engineering Project

CHEN Peng¹, WU Yu-hua¹, JIN Yu-cheng²

(1. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072; 2. Department of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Quality control is important to the management of engineering project. In this paper, the theory of complete information static game is applied to the quantitative analysis of quality control of engineering project. Based on the mixed strategy Nash equilibrium point, this paper analyses the definite action of the engineer and the constructor, and provides some theoretical basis of quality control to the owner and engineer.

Key words: game theory; quality control; Nash equilibrium