文章编号:1006-7329(2002)06-0077-03

博弈论在建筑工程质量检查中的应用*

程 夷
(重庆大学 基建规划处,重庆 400044)

摘要:建筑工程的质量引起了极大的关注,如何减少建筑工程的质量事故就是一个非常重大的课题。通过应用博弈论中的完全信息静态博弈对建筑工程质量检查进行了定量分析,并对质量检查机关(监督者)和建设者(施工单位)的具体行为作了较详细的分析,用混合战略纳什(Nash)均衡求出了均衡点,并得到了一些较好的效果,为质量检查机关和政府有关部门提供了决策参考,具有较高的应用价值。

关键词:博弈论;纳什均衡;建筑工程;质量检查
中图分类号:TU712.3 **文献标识码**:A

最近,建筑工程的质量引起了极大的关注,如何减少建筑工程的质量事故就是一个非常重大的课题[5-7]。

博弈论(game theory)是研究决策主体行为发生直接相互作用时的决策以及这个决策的均衡问题。它开始于 1994 年诺贝尔经济学奖授给了三位博弈论专家纳什、泽尔腾和海薛尼,仅从这一点可以看出博弈论在现代前沿经济学中的重要性[1,2]。正是由于他们三位的贡献,使得博弈论成为研究人的决策行为的重要工具,并且能解决许多其它方法不能或解决得不好的问题。

博弈论在经济管理中得到了广泛应用[2],如在竞争理论、龚断理论、中央政府和地方政府的行为分析,委托——代理理论等等[3]。显示出了强大生命力。近年来,我国建筑工程的质量事故经常发生,如何提高建筑质量,减少质量事故是我国的一个艰巨问题,本文则把博弈论应用在建筑工程质量检查上。

1 完全信息静态博弈的一般描述

博弈的参与人集合:$i \in \Gamma, \Gamma = (1,2,\cdots,n)$;每个参与人的战略空间:$S_i, i = 1,2,\cdots,n$;每个参与人的支付函数:$U_i(S_i, S_2,\cdots,S_n), i = 1,2,\cdots,n$;用 $G = \{S_1, S_2,\cdots,S_n, U_1, U_2,\cdots,U_n\}$来表示战略式描述博弈。

下面给出本文用到的博弈论的一些基本概念和定理。

定义 1:(混合战略纳什均衡)在 $G = \{S_1, S_2,\cdots,S_n, U_1, U_2,\cdots,U_n\}$中,混合战略组合 $\sigma_1^*, \sigma_2^*, \cdots, \sigma_n^*$ 是一个纳什均衡,如果对于所有的 $i = 1,2,\cdots,n$,有下列成立:

$$V_i(\sigma_i^*, \sigma_{-i}^*) \geqslant V_i(\sigma_i, \sigma_{-i}^*), \forall \sigma_i \in \Sigma_i$$

这里 Σ_i 表示 i 的混合战略空间,$V_i(\sigma) = V_i(\sigma_i, \sigma_{-i})$表示参与人的期望效用函数,$\sigma_{-i} = (\sigma_i, \cdots, \sigma_{i-1}, \sigma_{i+1}, \cdots, \sigma_n)$除 i 外其他的战略。$V_i(\sigma_i, \sigma_{-i} = \Sigma[\prod_{j=1}^{n}\sigma_j(S_j)](S)$。

定义 2:$\sigma^* = (\sigma_i^*, \cdots, \sigma_i^*, \cdots, \sigma_n^*)$是一个纳什均衡,如果对于所有的参与人之,有:

$$v_i(\sigma_i^*, \sigma_{-1}^* \geqslant v_i(s_i, \sigma_{-i}^*) \forall s_i \in S_i$$

* 收稿日期:2002-10-08
作者简介:程 夷(1973-),女,重庆人,主要从事建筑管理研究。

下面引入博弈论中著名的纳什均衡存在性定理：

定理：每一个有限博弈论至少存在一个纳什均衡(纯战略或混合战略的)。

2 建筑工程质量检查博弈模型

在本文的博弈里，有两个参与人：建筑工程质量检查机关(以下简称质检机关)和建筑施工单位(以下简称建筑单位)，其中质检机关的纯战略对建筑工程进行重点检查(或称实质性检查)和非重点检查(或形式上检查)，分别设为 A_1 和 A_2，而建筑单位的纯战略是建好工程使其合格(B_2)和采取偷工减料等手段而蒙混过实，从而使工程不合格(B_1)。

设 M 是建筑单位的两种战略 B_1 和 B_2 之间的成本差别，即采取 B_2 比采取 B_1 而多花的成本，从而相应地少获利润。C 是检查机关在采取 A_1 比采取 A_2 而多花的检查成本，F 为罚款，即当检查机关进行对建筑工程进行重点检查并且能查到建筑工程为合格时对建筑单位的罚款，这里给出了两个较强的假定：(1)当质检机关对建筑单位实施策略 A_1 时，肯定能查出建筑单位的策略 B_1；(2)质检机关对建筑单位实施策略 A_2 时，肯定不能查出建筑单位的策略 B_1，一般情况下这两个假定也是成立的；(3)另外再假定 $C < M + F$，显然这个假定在一般情况下也成立。

因此这两个参与人的支付矩阵为：

		建筑单位	
		B_1	B_2
质检	A_1	$M+F-C, -M-F$	$M-C, -M$
机关	A_2	$0,0$	$M, -M$

显然这个支付矩阵是符合实际情况的。

显然这个博弈不存在纯战略 *Nash* 均衡，下面我们来求其混合的纳什均衡。

我们用 α 表示质量检查机关采取策略 A 的概率，β 代表建筑单位采取策略 B_1 的概率。给定 β，检查机关选择 $A_1(\alpha=0)$ 的期望效用分别为：

$$V_G(1,\beta) = (M - C + F)\beta + (M - C)(1 - \beta) = \beta F + M - C$$

$$V_G(0,\beta) = 0 \cdot \beta + M(1 - \beta) = M(1 - \beta)$$

令 $V_G(0,\beta) = V_G(1,\beta)$，得 $\beta^* = C/(M + F)$，即：(1)当建筑单位采取 B_1 的概率小于 $C/(M + F)$时，质检机关的最优选择是采取 A_2 策略；(2)如果 $\beta > C/(M + F)$时，则持检机关的最优策略是 A_1；(3)如果 $\beta = C/(M + F)$时，则检查机关可以任意选择 A_1 或 A_2。

给定 α，建筑单位选择 B_1 和 B_2 的期望效为：

$$V_\beta(\alpha,1) = -(M + F)\alpha + 0 \cdot (1 - \alpha) = -(M + F)\alpha$$

$$V_\beta = (\alpha,0) = -M\alpha + (-M)(1 - \alpha) = -M$$

令 $V_\beta(\alpha,1) = V_\beta(\alpha,0)$，得 $\alpha^* = M/(M + F)$，因此：

1) 当 $\alpha < M/(M + F)$时，建筑单位的最优选择为 B_1；

2) 当 $\alpha > M/(M + F)$时，建筑单位的最优选择为 B_2；

3) 当 $\alpha = M/(M + F)$时，建筑单位可以随机地选择 B_1 或 B_2。

因此，混合战略纳什均衡为：$\alpha^* = M/(M + F)$，$\beta^* = C/(M + F)$，即质检机关以 $M/(M + F)$的概率选择实质性检查，建筑单位则以 $C/(M + F)$选择建不合格工程。对这个均衡我们还可以从另外的角度来加以解释：建筑中有多个建筑单位，其中有 $C/(M + F)$比例的建筑单位选择建不合格工程；质量检查机关则随机地重点检查 $M/(M + F)$比例的建筑单位的建筑工程质量情况。

3 进一步讨论

这个混合战略博弈论均衡与重点检查成本 C、罚款 F 和建合格工程比建不合格工程多花的建

筑成本 M 有关,而且从纳什均衡来看,罚款 F 越大,多花建筑成本 M 越大,则建筑单位建不合格工程的概率就小;检查成本 C 越高,建筑单位建不合格工程的概率就越大。为什么 M 越大,建筑单位建不合格工程概率反而小了,这是因为 M 越大,则质检机关检查的可能性就越大,质量不过关被抓住的可能就大,因而建筑单位反而不敢建不合格工程。从这一点,可以解释(或从某种程度上)为什么建筑工程质量事故在小型建筑企业比在大型建筑企业更加普遍。

当然,这个结论必须在一定的假设前提下。我们已在前面假定一旦质检机关进行实质性检查,不合格工程就一定会被发现。如果不是这样,例如:大型建筑单位有更好的手段来使自己的不合格工程难被发现,这个结论就不一定成立了。其次,如果检查成本 C 与多花的建筑成本 M 有关,如 M 越大,则 C 就越高,那么,上述结论也难以成立了。再次,M 较大的建筑单位可能会有较大的积极性去贿赂质检人员时,上述结论也难以成立。

因此,我们如果将所有这些情况考虑进去,建筑单位的行为决策与质检单位的行为决策并非如此单纯,但有一点可以肯定:提高罚款 F,建筑单位不合格的建筑工程的积极性就会下降,质检机关进行实质性检查的必要性也就降低。

参考文献:

[1] James Friedman. Game Theory With Application to Ecomoncis[M]. Oxfard University press, 1990.

[2] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海:三联书店出版社, 1996.

[3] N. S Kukushkin. Two - person Game Forms Guaranteeing the Stability Against Commitent and Delaying Tactics[J]. International Journal of game Theory. 1995, 24(1).

[4] Drew Fudenberg, Jean Tirole. Game Theory[M]. MIT press, 1991.

[5] 冯德益,楼世博,等. 模糊数学方法与应用[M]. 北京:地震出版社, 1983.

[6] 韩玉琴. 某施工企业建筑工程质量现状与治理[J]. 山西建筑, 2002, (5): 132 - 133.

[7] 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.

Application of Game Theory in Quality Inspection of Construction Engineering

CHEN Yi

(Department of Capital Construction Planning, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In this paper, the theory of complete information static game is applied to the qualitative analysis of quality inspection and detail analysis on the definite actions of the inspection agency and builders (construction units). The mixed strategy - Nash equilibrium was used to work out equilibrium point and some useful results have been obtained. This method is highly applicable.

Keywords: game theory; Nash equilibrium; construction engineering; quality inspection