

# BOT 项目运营期内项目公司道德风险博弈分析

戴大双,黄巫琳,石 磊

(大连理工大学 管理学院,大连 116024)

**摘 要:**本文在分析 BOT 项目运营期内项目公司道德风险的表现及其危害的基础上,运用博弈论方法构建了政府和项目公司间的不完全信息静态博弈模型。通过对模型均衡的分析,发现政府监督效率低于某一水平时,项目公司必然发生道德风险;而当高于该水平时,项目公司则以一定概率发生道德风险。最后提出可从增加处罚金额、提高监督效率、降低监督费用、建立民众监督机制等方面对运营期内项目公司的道德风险加以防范的建议。

**关键词:**BOT;道德风险;运营期;博弈论

**中图分类号:**F299.24 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2009)10-0047-05

BOT(build operate transfer)项目融资模式,即由国外或民间财团作为项目发起人,从项目所在国的政府机构获得特定基础设施项目的特许权,与政府部门签订特许权协议,并投资组建项目公司,由项目公司负责项目的融资、建设、运营和维护,并在运营期满后项目移交给政府的项目融资运营模式<sup>[1]</sup>。BOT 项目融资模式能够充分吸引国外和民间资本,弥补政府在基础设施建设中投入不足的问题;并且能够有效地利用项目公司建设管理经验,提高项目运营和服务的质量<sup>[2-3]</sup>。与传统模式相比,BOT 模式更能发挥企业的积极性,提高项目效益<sup>[4]</sup>。BOT 模式自引入以来,在我国基础设施建设中已得到广泛运用,比如在高速公路、城市污水处理、发电等基础设施项目中的运用。但是,由于契约的不完备性<sup>[5-6]</sup>,BOT 项目运营中项目公司与政府之间信息的不对称性,项目公司与政府的目标效用的不同(项目公司追求个人利益最大化,而政府是期望项目的社会效益最大化)以及外部环境对 BOT 项目实施效果的不确定性影响,使得理性的项目公司在 BOT 项目的实际建设运营中可能会采取损害政府或者项目使用人(社会公众)利益的隐蔽行为,发生道德风险<sup>[7-8]</sup>。道德风险即从事经济活动的人在最大限度地增进自身效用时做出不利于他人的行动<sup>[9]</sup>。在当前金融危机的情况下,国家为了拉动内需,大量投资于铁路、公路、电力等大型基础设施建设。BOT 方式在这些基础设施项目的建设和运营中会发挥重要作用。而如何保证政府资金能够获得

预期的社会效益,防范项目公司的道德风险,提高建设项目的质量,也就成为公众和政府关心的重点。石磊等<sup>[7]</sup>研究了保证金制度抑制项目公司建设期道德风险的有效性。本文重点研究在运营期项目公司的道德风险行为,对 BOT 项目模式中项目公司与政府之间的关系进行分析,运用博弈论建立政府与项目公司之间的博弈模型,对 BOT 项目运营期的项目公司道德风险进行分析,并根据分析结果,提出防范 BOT 项目运营期的项目公司道德风险的策略及政策建议。

## 1 项目公司道德风险及其危害分析

BOT 项目运作模式如图 1 所示。政府通过公开招标,选择合适的项目公司签订特许权协议。项目公司根据协议进行融资建设,在建设期结束,政府组织检查人员对项目质量进行检查,如果符合标准则项目进入运营期,由项目公司负责运营;如果项目质量不符合标准,则进行处罚,并让项目公司进行维修(再次投资),直到达到质量标准,方可进入运营期。在运营期,项目公司为使用者(一般为社会公众)提供产品或服务,并获取报酬。

由于特许期一般较长,在长达数 10 年的时间内,这些基础设施项目往往需要不定期的大修补。然而,基于理性经济人假设,在信息不对称及存在环境影响因素的情况下,项目公司为了最大化私人利益,采取降低维护水平、超额运转、减少日常维护费用以及项目大修补费用等的行为,从而引发道德风

收稿日期:2009-08-29

基金项目:国家自然科学基金项目(70572097)

作者简介:戴大双(1951—),女,河北青县人,大连理工大学管理学院教授,博士生导师,研究方向:项目管理、技术创新管理;黄巫琳(1984—),女,四川隆昌人,大连理工大学管理学院硕士研究生,研究方向:项目管理;石磊(1973—),男,辽宁大连人,大连理工大学管理学院讲师,博士,研究方向:项目治理、项目投融资管理。

险。道德风险的发生导致项目本身的质量水平下降,虽在运营期勉强支撑运营,但运营期结束时,项目往往已无法正常运转,项目的修补费用就转嫁给政府,项目公司则赚取超额利润。

在运营期,按照获利方式的不同,项目公司道德风险引发的行为表现:

1) 通过非正常方式,增加运营期收入,即项目公司通过有损项目社会效益的方式增加收入,比如高速公路项目允许大量超载的汽车通过,以增加过路费收入。

2) 减少项目运营期应正常投入的费用。项目公司减少运营期维护费用、延缓设备更新时间、降低产品或服务质量。例如污水处理 BOT 项目,在运营期间,减少药剂使用量,降低污水处理标准。

3) 其他方式。运营期中,项目公司采取非正常手段,例如与原材料、设备供应商等发生合谋的情况,使得项目运营条件发生变化,比如运营成本的变化,并使之达到特许协议规定的合同变更条件,迫使政府变更合同,以获取更多的利益。

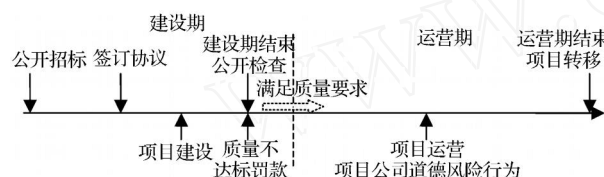


图 1 BOT 模式时间流程图

综合而言,项目公司道德风险会产生以下危害:第一,重大生命安全危害。致使项目质量本身存在重大安全隐患,并由此导致项目后期极有可能发生危及项目使用者生命安全的危险情况。如项目建筑物倒塌、道路桥梁倒塌等重大事故。第二,项目寿命缩短。使得项目仅能勉强在特许期内运营,特许期结束后,项目几乎无法运营。如重要设备在特许期内过度使用而导致提前报废等情况。第三,运营事故频繁。项目公司在运营期维修不及时等行为导致 BOT 项目移交政府后,维修频繁,增加维修费用。例如高速公路 BOT 项目移交政府后,路基受损,需要政府投入大量的维护费用。第四,潜在风险。项目公司在运营期引发的负外部性问题,如环境污染风险、潜在事故等。

总之,由于契约的不完备性、信息的不对称性、环境因素的不确定性等的影响以及政府与项目公司目标函数的差异,项目公司在运营期可能发生道德风险,产生社会危害,影响 BOT 项目的社会效益。政府为了抑制项目公司的道德风险,通常会选择监督的策略,在这种情况下,政府与项目公司之间进行

不完全信息静态博弈<sup>[10]</sup>。

## 2 模型假设及形式

在 BOT 项目运营期间,项目公司可能发生道德风险,用项目公司的努力程度  $e$  表示其是否发生道德风险,假设项目公司采取高努力水平  $e_H$  进行项目建设和运营则不发生道德风险,反之,若项目公司采取低努力水平  $e_L$ ,则表示项目公司发生道德风险。即项目公司的策略为选择不同的努力程度:  $e = \{e | e_H, e_L\}$ 。政府作为 BOT 项目的最终所有者,也是公众委托的管理者,是公共基础设施项目的监管者,可以对项目公司进行监督或者不监督,即政府可以选择监督或者不监督两种策略。政府监督可能成功也可能不成功。项目公司努力程度的不同,使得 BOT 项目的社会效益不同。项目带来的社会总效益  $I_G$  由项目公司的收益  $I_C$  以及 BOT 项目的外部经济效益  $I_o$  组成,即  $I_G = I_C + I_o$ 。项目公司的收益来源于政府或者社会公众对项目服务及产品的购买,而外部经济效益表现为项目为社会公众带来的效用与政府防范项目公司道德风险的成本之差。BOT 项目实际为社会公众带来的效用  $I_e$ ,其中  $e \in \{e_H, e_L\}$ ,受项目公司努力程度的影响。项目公司努力时,其外部经济效益为  $\bar{I}$ ,即  $e = e_H$  时,  $I_{eH} = \bar{I}$ 。当  $e = e_L$  时,项目公司发生道德风险,导致社会公众效用减少,外部经济效益发生损失  $D$ ,此时  $I_{eL} = \bar{I} - D$ ,  $D$  为项目公司发生道德风险时导致的项目外部经济效益的减少值。若政府监督发现项目公司的道德风险行为,则损失  $D$  不发生,但是只要项目公司发生道德风险,即便政府监督成功,仍然导致无法挽回的损失  $D_1$  发生,即此时  $I_{eL} = \bar{I} - D_1$ 。假设项目公司发生道德风险后,获得额外收益  $R$ ,政府采取监督策略时,发生监督成本为  $C$ 。项目公司的道德风险行为被发现时,将无法获得租金  $R$ ,并将被处以罚金  $F$ 。为了便于分析,假设政府与项目公司均为风险中性的,项目的外部经济效益用政府部门的收益表示,且在完全竞争招标的条件下,假设  $\bar{I} = 0$ 。假设不等式(1)成立,即项目公司道德风险行为所导致的项目效用的损失大于项目公司获得的额外收益。

$$D > R. \quad (1)$$

政府与项目公司的博弈模型如表 1 所示。

1) 当项目公司发生道德风险而政府部门选择监督且监督成功时,则项目公司不能获得额外收益  $R$ ,并被处以罚金  $F$ ,其收益为  $-F$ ,政府部门的收益为  $F - C - D_1$ ;若政府监督失败则项目公司获得额外收益  $R$ ,并导致项目发生损失  $D$ ,政府部门的收益为  $-$

D - C。

2) 当项目公司发生道德风险,政府选择不监督时,项目公司的收益为 R,政府为 - D。

3) 当项目公司采取高努力水平,政府进行监督时,项目公司的收益为 0,政府收益为 - C。

4) 当项目公司采取高努力水平而政府不监督

时,项目公司与政府的收益均为 0。

假设:项目公司发生道德风险(采取低努力水平)的概率为  $P_e$ , 采取高努力水平的概率为  $(1 - P_e)$ ; 政府监督的概率为  $P_m$ , 不监督的概率为  $(1 - P_m)$ ; 政府监督成功的概率为  $\theta$ , 不成功的概率为  $(1 - \theta)$ 。

表 1 政府与项目公司的博弈模型

| 政府部门 |                  | 监督( $P_m$ )                    |                     | 不监督<br>( $1 - P_m$ ) |
|------|------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|
|      |                  | 成功( $\theta$ )                 | 不成功( $1 - \theta$ ) |                      |
| 项目公司 | 道德风险( $P_e$ )    | (- F, F - C - D <sub>1</sub> ) | (R, - D - C)        | (R, - D)             |
|      | 高努力( $1 - P_e$ ) | (0, - C)                       | (0, - C)            | (0, 0)               |

其中,假设:

$$R - D - C < R - D < - C - D_1 < - C < 0; \tag{2}$$

$$R > C. \tag{3}$$

式(2)表示政府与项目公司博弈结果的不同状态下社会总效用(政府与项目公司利益之和)之间的大小关系。(R - D - C)为项目公司发生道德风险且政府监督不成功时的社会总效用,该效用值最小;项目公司努力而政府不监督时的社会总效用最大为 0;其余情况介于上述两种情况之间,其大小关系如式(2)所示。

式(3)表示项目公司发生道德风险所获得的收益大于政府部门的监督成本。

根据上述博弈模型均衡求解。 $\pi_{G1}$ 、 $\pi_{G2}$  分别为政府部门监督和不监督的收益; $\pi_{C1}$ 、 $\pi_{C2}$  分别为项目公司发生道德风险和不发生时的收益; $E(\pi_G)$ 、 $E(\pi_C)$  分别为政府和项目公司的期望收益。

$$\pi_{G1} = P_e[\theta(F - C - D_1) + (1 - \theta)(- D - C)] + (1 - P_e)(- C);$$

$$\pi_{G2} = P_e(- D);$$

$$\pi_{C1} = P_m[\theta(- F) + (1 - \theta)R] + (1 - P_m)R;$$

$$\pi_{C2} = 0;$$

$$\begin{cases} E(\pi_G) = P_m\pi_{G1} + (1 - P_m)\pi_{G2} \\ E(\pi_C) = P_e\pi_{C1} + (1 - P_e)\pi_{C2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E(\pi_G) = \theta P_e P_m (F + D - D_1) - P_m C - P_e D \\ E(\pi_C) = P_e [R - \theta P_m (F + R)] \end{cases}.$$

首先分析项目公司的最优策略,若给定项目公司发生道德风险的概率为  $P_e$  时,令  $\partial E(\pi_C) / \partial P_m = 0$ , 此时求解得:  $P_e^* = C / [\theta(F + D - D_1)]$ 。即项目公司选择道德风险行为的最优概率为  $P_e^*$ , 而此时政府将以 0.5 的概率选择监督或者不监督。当项目公司以  $P_e > P_e^*$  的概率选择道德风险行为时,政府的最优策略为监督;反之,当项目公司以  $P_e < P_e^*$  的概率选择道德风险行为时,政府的最优策略为不

监督。

政府最优策略分析:若给定政府监督的概率为  $P_m$  时,令  $\partial E(\pi_G) / \partial P_e = 0$ , 求解得:  $P_m^* = R / [\theta(F + R)]$ 。即政府的最优策略为:以  $P_m^*$  的概率选择监督,此时项目公司的最优策略是随意选择发生或者不发生道德风险。当政府以  $P_m > P_m^*$  的概率选择监督时,项目公司的最优策略为不发生道德风险,采取高努力水平;反之,项目公司的最优策略为采取低努力水平,从而发生道德风险。

项目公司与政府之间的贝叶斯纳什均衡为  $(P_e^*, P_m^*)$ , 在均衡条件下,政府的期望收益和项目公司的期望收益分别为:

$$\begin{aligned} E(\pi_G^*) &= \theta P_e^* P_m^* (F + D - D_1) - P_m^* C - P_e^* D \\ &= - \frac{CD}{\theta(F + D - D_1)}; \end{aligned}$$

$$E(\pi_C^*) = P_e^* [R - \theta P_m^* (F + R)] = 0.$$

此时社会总效用为  $I_G = E(\pi_G^*) + E(\pi_C^*) = - CD / [\theta(F + D - D_1)]$ 。与理想状态下项目公司采取高努力水平且政府不监督时相比,项目公司的道德风险行为所导致的项目社会总收益减少了  $CD / [\theta(F + D - D_1)]$ 。

从均衡解可知,项目公司发生道德风险且政府采取监督的概率与监督行为成功的概率  $\theta$  相关,当  $\theta$  趋近于 1 时,项目公司道德风险行为发生的可能性最低为  $C / (F + D - D_1)$ , 政府监督的概率也最小,为  $R / (F + R)$ 。

由于  $P_e \in [0, 1]$  和  $P_m \in [0, 1]$ , 为此对博弈均衡分析,得到  $P_e^*$ 、 $P_m^*$  取值关于  $\theta$  的取值范围如下式所示:

$$\begin{cases} P_e^* = \frac{C}{\theta(F + D - D_1)}, P_m^* = \frac{R}{\theta(F + R)} & (\frac{R}{F + R} \leq \theta \leq 1) \\ P_e^* = 1, P_m^* = 1 & (\frac{C}{F + D - D_1} \leq \theta < \frac{R}{F + R}) \\ P_e^* = 1, P_m^* = 0 & (0 \leq \theta < \frac{C}{F + D - D_1}) \end{cases}.$$

由上式可知:当政府监督成功的概率  $\theta < \frac{R}{F+R}$  时,项目公司以概率 1 发生道德风险,即项目公司在运营期必然会发生道德风险;若  $\theta < \frac{C}{F+D-D_1}$ , 政府监督成功的概率太低,以至于政府的最优策略为不监督;当  $\theta \geq \frac{R}{F+R}$  时,项目公司以最优概率  $P_e^* = C / [\theta(F+D-D_1)]$  发生道德风险,政府以最优概率  $P_m^* = R / [\theta(F+R)]$  进行监督。

### 3 博弈均衡结果分析

由上述博弈均衡结果可知,政府与项目公司博弈的最优解与政府监督成功概率之间的关系如图 2 所示。均衡条件下,项目社会总效用随着政府监督成功的概率变化情况如图 3 所示。总体而言,随着  $\theta$  值的增大,社会总效用也逐渐增大。当  $\theta$  的取值小于  $C / (F+D-D_1)$  时,政府的最优策略为不监督,项目公司发生道德风险,此时,发生的社会效益损失为:  $R-D$ ; 当  $\theta$  大于  $C / (F+D-D_1)$ 、小于  $R / (F+R)$  时,政府的最优策略为监督,项目公司的最优策略为发生道德风险,导致的社会效益损失为:  $(D-D_1-R)\theta + R-D-C$ ; 当  $\theta$  大于  $R / (F+R)$  时,项目公司和政府分别以贝叶斯纳什均衡下的最优概率采取道德风险和监督行为,此时,社会效益损失为  $CD / [\theta(F+D-D_1)]$ 。当  $\theta$  值为 1 时,均衡条件下的社会效益损失为  $CD / (F+D-D_1)$ , 小于政府的监督费用  $C$ 。若政府以监督为确定的策略,而监督成功的概率为 1 时,项目公司的最优策略显然是采取高努力水平,不发生道德风险,这种情况下的社会效益损失为政府的监督费用  $C$ 。 $CD / (F+D-D_1) < C$ , 说明在不受自然状况影响时,混合策略的情况下,其均衡的社会效用高于政府监督的单一策略的情况。

根据博弈均衡解可知,项目公司发生道德风险的最优概率  $P_e^*$ , 政府监督的最优概率  $P_m^*$  均与政府监督成功的概率  $\theta$  成反比;当  $\theta > R / (F+R)$  时,  $P_e^*$ 、 $P_m^*$  与罚金  $F$  呈负相关关系。即对项目公司采取道德风险行为的惩罚力度越大,项目公司采取道德风险行为的可能性越小,而政府相对可以降低监督力度。政府监督越有效,即监督成功的概率越大,在这种情况下,项目公司会减少道德风险发生概率,政府也可以降低监督的概率。

另外,对于项目公司而言,由式  $P_e^* = C / [\theta(F+D-D_1)]$  可知,其发生道德风险的最优概率与政府监督成本、道德风险行为导致的项目效益的损失相

关。政府的监督成本越高,项目公司发生道德风险的可能性越大,而道德风险行为导致项目效益损失值越大,项目公司发生道德风险的可能性越小。对于政府部门,由式  $P_m^* = R / [\theta(F+R)]$  可知,其监督的最优概率与项目公司发生道德风险所获得的超额利润呈负相关关系,即项目公司道德风险行为获得的额外收益越多,政府越应该采取监督策略。

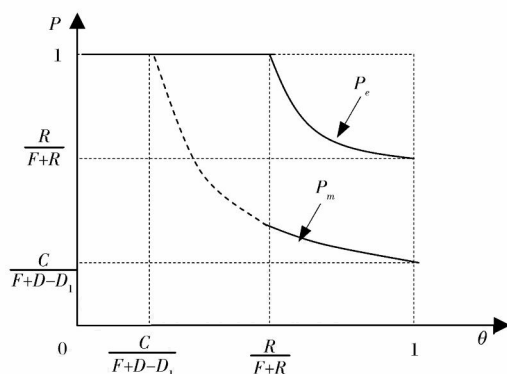


图 2 项目公司与政府博弈最优解

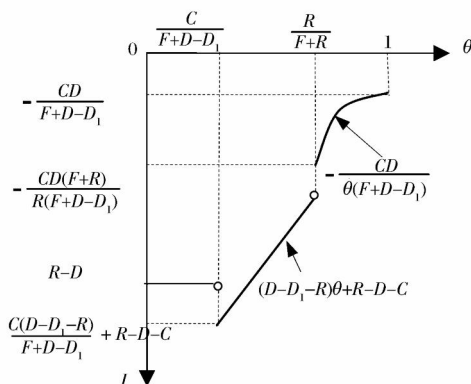


图 3 均衡条件下项目社会总效用与政府监督成功概率关系

对 BOT 项目中运营期项目公司的道德风险行为分析可知,在 BOT 项目运营期,由于项目公司与政府之间信息的不对称以及契约的不完备性,项目公司作为理性的经济人,可能在运营期出现道德风险行为,影响项目质量,因此损害项目使用者以及政府的利益,使得 BOT 项目非效益性。为了抑制项目公司的道德风险,结合博弈均衡结果,政府可以采取以下措施:

加大处罚力度,当发现项目公司的道德风险行为后,对其处以高额罚款。即在其他条件不变的情况下增大  $F$  值,使得  $P_e^*$  减小。实践中,政府在特许权协议中明确规定,在项目运营期中发现道德风险行为后的高额罚款,以此防范项目公司的道德风险。

提高政府监督效率,及时总结基础设施建设项目中项目公司的违约行为和情况,并可聘请相关领域的专家参与监督小组的工作,提高监督成功的概率。即在其他条件不变的情况下使得 $\theta$ 增大,从而减小 $P_e^*$ 、 $P_m^*$ 。政府查处某个项目公司道德风险行为的情况后,应向社会通报,使运营其他BOT项目的项目公司获得政府监督效率高的信息,并降低其采取道德风险的可能性。

在其他条件不变的情况下减小 $C$ ,使得 $P_e^*$ 减小。例如,在BOT项目实施较多的地区,可根据实际监督的频繁程度,选择组建专门的常设监督小组还是临时监督小组的形式,降低政府监督费用,从而起到防范项目公司道德风险的作用。

反映 $D$ 值的角度可采取的策略:预先采取宣传等措施将项目公司发生道德风险预计会导致的项目效益损失的严重程度传递给项目公司,从而减小 $P_e^*$ 。实践中可通过设置民众监督机制,建立民众反映项目服务质量的信息渠道,降低项目公司与政府之间信息的不对称程度,并且及时反映出项目的社会效用受损失情况,使得项目公司发生道德风险导致的社会效益损失能真实、快速地得到反映,从而抑制项目公司的道德风险。

## 4 结论

本文首先分析了在不完全契约、信息不对称的情况下,BOT项目运营期的项目公司的道德风险产生的条件、方式、对项目效益的影响和社会危害;其次,结合政府对项目公司采取监督的策略建立了BOT项目运营期的项目公司道德风险行为与政府监督之间的博弈模型,并求解贝叶斯纳什均衡;最后对博弈均衡解进行分析,提出防范项目公司道德风险可从4个方面采取措施:增加处罚金额、提高监督效率、降低监督费用、宣传道德风险的危害,并提出

了一些具体的措施建议。

但是,由于BOT项目的无追索权或有限追索权的特性,在政府发现项目公司道德风险行为后采取高额罚款的措施,项目公司有可能会通过战略性破产的方式逃脱责任;此外,BOT项目通常运营期较长,项目公司的道德风险行为具体发生的时间段不确定,随着运营期的持续,项目公司发生道德风险的可能性会有所变化,这都是需要进一步研究的问题。

## 参考文献

- [1] 王璐. BOT模式及其主要形式比较研究[J]. 国际经济合作, 2003(11): 43-46.
- [2] 郭凤平, 齐二石, 刘晓峰. 城市基础设施建设项目融资的BOT模式[J]. 天津大学学报: 社会科学版, 2006, 8(1): 54-58.
- [3] 韩英, 刘永军, 齐永兴. BOT——加快我国基础设施建设的有力方式[J]. 技术经济, 2003(4): 58-59.
- [4] 周晶, 何建敏, 杨宏伟. 基于委托-代理模型BOT模式的有效性分析[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2005, 35(3): 399-492.
- [5] HART O, MOORE J. Incomplete contracts and renegotiation[J]. Econometrica, 1988, 56(4): 755-785.
- [6] SCHMITZ P W. The hold-up problem and incomplete contracts: a survey of recent topics in contract theory[J]. Bulletin of Economic Research, 2001, 53(1): 1-17.
- [7] 石磊, 王东波, 戴大双. 利益外部性和BOT模式的有效性[J]. 中国管理科学, 2008, 16(4): 120-126.
- [8] 杨帆, 余建星, 赵静. 南水北调工程项目代建制模式下代建方寻租行为博弈分析[J]. 水利水电技术, 2006, 37(1): 95-97.
- [9] 约翰·伊特韦尔, 默里·米尔盖特, 彼得·纽曼. 新帕尔格雷夫经济学大辞典(第三卷)[M]. 陈岱孙, 译. 北京: 经济科学出版社, 1992: 588-589.
- [10] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海人民出版社, 2004: 143-161.

## Game Analysis on Moral Hazard of Project Company in Operational Period of BOT Project

Dai Dashuang, Huang Wulin, Shi Lei

(School of Management, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

**Abstract:** Through analyzing the behavior and harm of moral hazard of project company in operational period of BOT project, this paper establishes an incomplete information static game model between government and project company. The result shows that, when the efficiency of government supervision is under a certain level, the moral hazard of project company is inevitable; however, when this efficiency is higher than the level, the moral hazard of project company would happen with a certain probability. Finally, it brings forward several ways to prevent the moral hazard of project company in operational period, such as increasing penalties, improving supervision efficiency, reducing monitoring cost and establishing public supervision mechanism.

**Key words:** BOT; moral hazard; operational period; game theory