

基于有限理性假设的公路工程建设纵向 监督失效机理研究

杨文安, 廖赐平

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 公路工程纵向监督是中国基础设施建设项目常见的管理方式, 因机制设计存在问题, 导致监管不力阻碍项目效益, 监督效率有待提升。文中将监管部门与承包方视为有限理性行为人, 基于有限理性分析框架下的演化博弈理论求得策略复制动态方程, 由演化动力系统的平衡点和雅克比矩阵, 结合质量群体策略的动态演化仿真图, 分析监督管理方与施工承包方之间的监管博弈, 得到演化稳定策略最终导致监督管理失效的结论, 并针对失效原因提出发展多元化工程监督管理的建议。

关键词: 工程管理; 公路; 纵向监督; 有限理性; 失效机理

中图分类号: U415.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)03-0169-04

1 工程纵向监督失效研究现状

纵向监督管理是中国公路工程的主流监理方式, 它是上级对下级的违反工程绩效规范行为进行全方位监督与惩罚的管理方式。业主、监理与施工承包单位三方纵向监督管理结构见图 1。

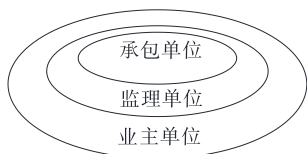


图 1 业主、监理、承包商三方纵向监督管理关系 Venn 图

因机制设计存在问题, 纵向监督管理模式下会滋生从业人员专业素养低、责任意识差、逐利行为明显等问题。针对纵向监督管理失效的原因, 郭涛等应用博弈模型进行分析, 认为监理企业是获利推手, 是导致监管低效甚至失效的主体; 王雪青等运用偏好公式及相关理论论证了纵向监管出现信息不对称引发的监管行业现状属实, 认为监理、承包商诚信指数直接影响监管效率; 彭胜男等认为总监理工程师优良诚信是成功监管的必要条件。

对于纵向监督管理现状改善对策, Zheng Shu-rong 等基于寻租理论进行研究, 认为引入惩罚激励机制能改善纵向监督管理模式的现状; 施建刚等基于有限理性行为进行研究, 认为应加强对监理企业市场不良风气的监督和惩罚可约束监管漏洞; Robert P. Elliot 认为引入惩罚激励机制可提高工程监

管质量及效率; 李涛分析了监督管理主体行为激励机制, 认为能通过该机制提升监管效率。

针对由纵向监管失效引发的不必要费用支出问题, Killingsworth M. B. 等利用 WBS(工作分解结构)进行研究, 得到了减少纵向监管中不必要费用的方法; 孟海涛等分析了纵向监管的约束办法, 计算得到了合理的监理相关责任保险费率、期望约束(不必要)费用支出; Zhen-you Li 等针对监管中产生的不必要费用, 以案例展开研究, 得到了控制费用支出的责任体系及措施。

上述关于工程纵向监督管理存在的问题、失效原因、相应对策的研究侧重于纵向监管失效现象的宏观分析与应对, 未针对纵向监督管理失效机理进行研究, 没有从源头出发分析监督失效、低效、寻租合谋等社会现象。该文在工程纵向监督管理失效现象宏观研究的基础上, 假设博弈方为有限理性的社会人, 运用博弈论探寻其失效机理。

2 基本假设与模型构建

2.1 模型基本假设

在独有群体的策略集里被反复采用的策略往往是多次博弈后趋于稳定、被多次模仿和学习的策略, 其从参与人之间随机配对博弈演化而来, 调整后最终演化出的均衡是预测性很强的均衡, 可作为决策依据。策略的动态演化过程遵循复制动态方程, 若其适应度(期望收益)比种群平均适应度高, 则该策

略不会被淘汰。因此,可利用复制动态微分方程分析策略被采取频率,描述单一种群策略增长情况。

有限理性博弈方选择监理单位和施工承包单位,并在寻租合谋现象固有化后分析两者间的纵向监督博弈。在有限理性博弈参与人各方随机配对产生的两种博弈方式中,取纵向监督(博弈模式)进行建模分析。并作如下假设:1) 监理方策略有严格监理(SC)与偷工减料(USC);2) 施工承包方策略有严格按标准施工(SW)和偷工减料(LW),发生 LW 且不被发现的情况下可获最大利润;3) 监理方选策略 SC 的概率 $p_1 = p$, 选择策略 USC 的概率 $p_2 = 1 - p, p \in [0, 1]$;4) 施工承包方选策略 LW 的概率 $t_1 = t$, 选择策略 SW 的概率 $t_2 = 1 - t, t \in [0, 1]$;5) 监理方的监理成本金额为 G ;6) 施工承包方选择策略 SW 可得金额为 l , 选择策略 LW 可得金额为 h , 策略 LW 被发现需上交罚款金额为 F ;7) 施工承包方选择策略 LW 可获得价格优势,此时的额外收益金额为 A 。

2.2 模型构建

利用复制动态微分方程分析某策略在多次博弈中被选中的频率及在有限理性博弈中具有的可预测性,由种群相对增长速率研究方法演化得到描述种群增长规律的数学模型——马尔萨斯模型。种群增长率 r 按下式计算:

$$r = \frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dt} \quad (1)$$

$r > 0$, 表示种群数量处于增长过程; $r < 0$, 表示种群数量处于减少过程。

$$\frac{1}{N_k} \cdot \frac{dN_k}{dt_i} = [u(k, q) - \bar{u}(q, q)] \quad (2)$$

式中: N_k 为在参与人所有策略集中策略 k 发生的频率;将博弈视为一个连续过程, t_i 为发生多次重复博弈的时间; $u(k, q)$ 为选择策略 k 时的适应度或收益; $\bar{u}(q, q)$ 为选择策略 q 时的平均适应度或期望收益。

从生物进化理论演化而来的复制动态方程中,一种策略的适应度若比该种群策略的平均适应度高,即该策略增长率 $r > 0$, 则该策略得以继续生存。

3 有限理性博弈模型求解

当监管部门选择监督管理,施工承包商选择严格按标准施工的策略时,两者收益分别为 $F - G$ 、 $h + A - F$;当监管部门选择监督管理,施工承包商选

择偷工减料时,两者收益分别为 $-G$ 、 l ;当监管部门不监管,施工承包商选择严格按标准施工的策略时,两者收益分别为 0 、 $h + A$;当监管部门不监管,施工承包商选择偷工减料时,两者收益分别为 0 、 l 。

根据以上有限理性博弈模型的假设和分析框架,可建立表 1 所示两博弈方的收益矩阵。

表 1 监理与施工承包方博弈的收益矩阵

策略	SW	LW
SC	$(F - G, h + A - F)$	$(-G, l)$
USC	$(0, h + A)$	$(0, l)$

监理方选择第 i 种策略时, SC、USC 策略的适应度(演化过程中的稳健性)分别为:

$$u_1(z) = t \times (F - G) + (1 - z) \times (-G) \quad (3)$$

$$u_1 = z \times 0 + (1 - z) \times 0 = 0 \quad (4)$$

监理方 i 种策略的平均适应度为:

$$\bar{u}_1 = p \times u_1(z) + (1 - p) \times u_1(p) \quad (5)$$

由式(1)~(5)得到监理方选择策略 SC 的复制动态微分方程为:

$$\frac{dp}{dt} = p \times [u_1(z) - \bar{u}_1] = p(1 - p) \times (zF - G) \quad (6)$$

施工承包方选择第 i 种策略时, LW、SW 策略的适应度分别为:

$$u_2(p) = p(h + A - F) + (1 - p)(h + A) \quad (7)$$

$$u_2(z) = l \quad (8)$$

施工承包方 i 种策略的平均适应度为:

$$\bar{u}_2 = z \times u_2(p) + (1 - z) \times u_2(z) \quad (9)$$

由式(1)、式(2)、式(7)~(9)得到承包商选择策略 LW 的复制动态微分方程为:

$$\frac{dz}{dt} = z \times [u_2(p) - \bar{u}_2] = z(1 - z) \times (h - l + A - pF) \quad (10)$$

由式(6)和式(10)可得 p 、 z 的值即策略的演化动力系统平衡点有 5 个,分别为 $(0, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(1, 1)$ 和 $[(h + A - l)/F, G/F]$ 。

进一步分析以上 5 个策略平衡点的稳定性与可发展趋势,由式(6)和式(10)分别求偏导,得到雅克比矩阵分析策略的稳定性:

$$J = \begin{bmatrix} (1 - 2p)(zF - G) & p(1 - p)F \\ -z(1 - z)F & (1 - 2z)(h + A - pF - l) \end{bmatrix}$$

由此得到雅克比矩阵的行列式和迹方程组:

$$\begin{cases} \det J = (1-2p)(zF-G)(1-2z)(h+A-pF-l) + z(1-z)p(1-p)F^2 \\ \operatorname{tr} J = (1-2p)(zF-G) + (1-2z)(h+A-pF-l) \end{cases}$$

如果 $\det J > 0, \operatorname{tr} J < 0$, 则所得平衡点是系统的稳定点。

有限理性监督管理博弈的雅克比矩阵判定分析见表 2。

表 2 有限理性监督博弈的雅克比矩阵判定分析

系统平衡点	约束条件	$\det J$	$\det J$ 结果	$\operatorname{tr} J$	$\operatorname{tr} J$ 结果	平衡点的稳定性
(0,0)	$\begin{cases} F < G \\ l < A+h \end{cases}$	$-G(A-l+h)$	-	$-G+A-l+h$	-	不稳定点
(0,1)		$(F-G)(l-A-h)$	+	$F-G+l-A-h$	-	稳定
(1,0)		$G(h+A-F-l)$	+或-	$G-F-l+h-A$	+或不定	不稳定
(1,1)	$\begin{cases} F > G \\ F+l < A+h \end{cases}$	$(G-F)(F+l-A-h)$	+	$G+l-h-A$	-	稳定
$(\frac{h+A-l}{F}, \frac{G}{F})$		$\frac{G(F-G)(h+A-l)(F-A-h+l)}{F^2}$	+	0	0	鞍点

4 博弈模型分析

根据表 2, 均衡点 (0,1) 在满足条件 $F < G$ 且 $l < A+h$ 时是系统稳定点, 此时监理方、施工承包方的策略即演化稳定策略是(严格监理, 偷工减料); 均衡点 (1,1) 在满足 $G < F < h-l+A$ 时是系统稳定点, 此时监理方、施工承包方的策略即演化稳定策略是(偷懒监理, 偷工减料)。

为更清晰地观察纵向监督管理部门与施工承包方之间的监管策略演化动态, 运用 MATLAB2018 软件模拟策略样本群体的动态演化过程。对有限理性博弈模型随机赋值如下: 监理方的监督管理成本金额 $G=9$; 施工方依据标准要求施工后可得金额 $l=12$; 施工方选择偷工减料等策略施工后可得金额 $h=25$; 施工方偷工减料后的额外收益金额 $A=6$ 。将上述赋值带入式(6)、式(10), 得到监督管理方与施工承包方纵向监管博弈策略的复制动态微分方程分别为:

$$\frac{dp}{dt} = p(1-p)(zF-9)$$

$$\frac{dz}{dt} = z(1-z)(19-pF)$$

当施工承包单位采取偷工减料质量欺骗策略且被监督管理部门发现时, 任取惩罚金额 $F=8$, 这种情况下监督管理部门最终选择(演化)策略“偷懒监理”($p=0$), 而施工承包单位最终选择(演化)策略“偷工减料”($z=1$)。监督管理部门、施工承包单位的有限理性博弈演化策略随时间的演变趋势见图 2、图 3。

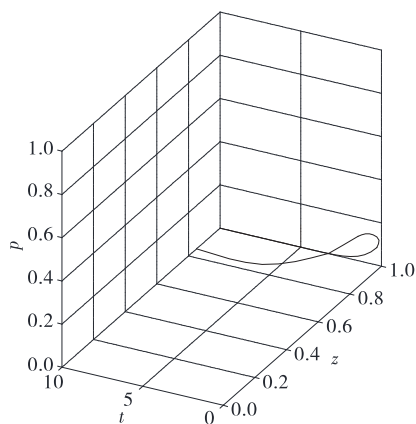


图 2 $F=8$ 时监督管理部门策略演化动态

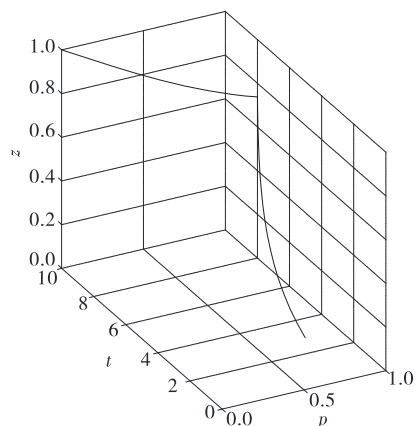


图 3 $F=8$ 时施工承包方策略演化动态

5 结论

(1) 导致工程纵向监督管理失效的主要原因是监督与被监督方之间存在无法避免的信息不对称,

使得行为人有阻碍项目绩效的空间;次要原因是监管模式中缺少更大的利益“诱惑”使行为人放弃阻碍项目绩效的策略而选择增加项目绩效的策略。

(2) 监理单位在信息非对称的庇护和利益最大化的驱使下选择“偷懒监理”的策略或发生寻租行为直接获取非生产性利益。三方皆作为经济人无法规避信息不对称,直接导致承包方寻租、监理方合谋的结果即为纳什均衡,是监督失效的。策略的可持续发展特性体现在其增长率 $r > 0$,适应度比(参与者)种群的平均适应度高,则策略继续发展、被复制动态,最终承包方演化为LW,致使稳定策略为(严格监理,偷工减料),导致纵向监督失效。

(3) 针对因信息不对称,纵向监督失效难以避免的问题,建议削弱纵向监督管理,引入工程横向监督管理方式,通过横向的行为人利益捆绑或连带责任管理制度,使业主各部门之间、监理方各部门之间、承包方各部门之间形成相互监督的约束。另外,针对缺少利益“诱惑”的问题,建议引入外部激励,打破这种不利均衡。

参考文献:

- [1] 刘晓君,郭涛.基于博弈论的工程监理行业问题研究[J].科技进步与对策,2012,29(18).
- [2] 郭涛,刘晓君.基于博弈论的工程监理问题再分析[J].科技进步与对策,2009,26(21).
- [3] 王雪青,陈超,陈杨杨,等.基于模糊语言偏好的工程监理信用评价[J].模糊系统与数学,2015,29(3).
- [4] 彭胜男,郑磊,刘军.总监理工程师诚信评价指标研究[J].工程管理学报,2011,25(4).
- [5] Zheng Shurong, Peng Miao. Rent-seeking behaviors analysis in engineering supervision based on the game theory[J]. Systems Engineering Procedia, 2012, 4.
- [6] 施建刚,孔庆山.基于有限理性的工程质量监督管理[J].同济大学学报:自然科学版,2014,42(8).
- [7] Robert P Elliott. Quality assurance: top management's tool for construction quality [J]. Transportation Research Record, 1991, 1310.
- [8] 李涛.工程监理主体行为激励机理的数理分析[J].系统工程,2014,32(9).
- [9] Killingsworth M B, Hughes S C. Issues related to use of contractor quality control data in acceptance decision and payment: benefit and pitfalls [J]. Transportation Research Record, 2002, 1813.
- [10] 孟海涛,王雪青,喻刚.建设工程监理责任保险费率问题研究[J].土木工程学报,2009,42(1).
- [11] Zhen-you Li, Ji-shan He, Meng-jun Wang. Improving internationally core competences based on the capabilities of precise and accurate project management [J]. Frontiers of Engineering Management, 2016, 3(3).
- [12] 柴盈,何自力.论完全理性与有限理性:对现代经济学理性假设的反思[J].华中师范大学学报:人文社会科学版,2006,45(5).
- [13] 王鲁平,陈羿.管理舞弊的形成机理及治理对策研究[J].管理工程学报,2018,32(1).
- [14] 黄毅祥,蒲勇健.新能源汽车分时租赁市场竞争的进化博弈模型研究[J].中国管理科学,2018,26(2).
- [15] 何基好,向淑文,贾文生,等.基于有限理性的信息集广义多目标博弈[J].深圳大学学报:理工版,2018,35(1).
- [16] 王循庆,李勇建,孙华丽.基于情景推演的群体性突发事件演化博弈分析[J].管理科学,2015,28(6).
- [17] 王先甲,何奇龙,全吉.基于复制动态的消费者众筹策略演化动态[J].系统工程理论与实践,2017,37(11).
- [18] 刁光成.常微分方程在数学建模中的应用[J].开封教育学院学报,2018(1).
- [19] 覃雄派,陈跃国,王邦国.大数据分析的应用案例:投资模型的稳健性[J].计算机应用,2017,37(3).
- [20] Belkacem Mahdad, K Srairi. Multi objective large power system planning under sever loading condition using learning DE-APSO-PS strategy [J]. Energy Conversion and Management, 2014, 87.
- [21] Y S Kwon, A D Mednykh, I A Mednykh. On jacobian group and complexity of the generalized petersen graph $GP(n, k)$ through chebyshev polynomials [J]. Linear Algebra and its Applications, 2017, 529.
- [22] Gordon Blower. On linear systems and τ functions associated with Lamé's equation and Painlevé's equation VI [J]. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 2010, 376(1).
- [23] 孙庆云,陈武林,吴颖峰.公路建设项目“代建+监理”管理模式研究[J].公路与汽运,2019(2).
- [24] 蒲华,习明星.基于监管一体化与设计施工总承包的高速公路项目管理模式研究[J].公路与汽运,2015(6).
- [25] 刘勇,泮俊,汪劲祯.海南琼乐高速公路代建与监理一体化模式应用研究[J].公路交通科技:应用技术版,2017(5).
- [26] 杜林鹏,赵学焘.设计施工总承包(DB)合同模式的项目管理实践[J].中外公路,2015,35(增刊1).