

制度变迁视角下重大基础设施投融资模式演进

乐云, 徐进英, 白居

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 针对重大基础设施投融资制度变迁及模式演进问题, 在分析相关制度发展阶段的基础上, 应用演化博弈理论, 构建政府-市场二元重大基础设施投融资演化博弈模型. 结合系统仿真技术, 分析了政府决策水平、市场投资意愿、市场投资额度、重大基础设施投资收益率和风险损失的变化, 对政府、市场的演化稳定策略和双方的混合策略的影响. 研究发现, 政府的政策制度和决策水平与市场投资意愿之间存在反馈作用, 且它们与市场投资能力、重大基础设施投资收益和风险等因素一起影响投融资模式的演进, 演进路径的决定性因素是制度变迁路径的选择.

关键词: 重大基础设施; 投融资模式; 演进; 演化博弈; 仿真

中图分类号: F832.48

文献标志码: A

Evolutionary Analysis of Mega Infrastructure Investment and Finance Scheme in China from the Perspective of Institutional Transition

LE Yun, XU Jinying, BAI Ju

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Focused on the institutional transition and scheme evolution of mega infrastructure investment and finance, the phases of relevant institution were analyzed. A government-market dual evolutionary game model on mega infrastructure investment and finance was built. Then, the decision-making level of the government, investment willingness and investment amount, the yield and risk of mega infrastructure investment on the evolutionary stable strategy of both agents and their mixed strategy combining system simulation technology were studied. Finally, the feedback mechanism between policy, institution, decision-making level of government and investment willingness were discovered. The two parameters together with the investment ability of the government, the yield and risk of mega infrastructure investment have a great impact on the investment and finance

scheme. The evolution path is determined by the institution transition route.

Key words: mega infrastructure; investment and finance scheme; evolution; evolutionary game; simulation

新型城镇化建设的快速推进、国家“一带一路”发展战略的提出掀起了新一轮重大基础设施建设和投资的高潮, 投融资是重大基础设施建设的驱动力. 因此, 系统地回顾和梳理近几十年来伴随政治经济制度改革的投融资模式演进情况, 对于下一阶段制定更符合发展规律的相关制度具有重要意义.

本文基于1979~2015年间我国投融资制度的变迁历程, 探索重大基础设施投融资模式演进中政府与市场双方的行为选择及其对投融资制度的反馈作用. 制度变迁的动因是制度不均衡和制度所受的多方面压力^[1], 30余年来, 中国通过制度创新促进了重大基础设施投融资模式的转型. 然而民间投融资制度成本高、市场进入难等问题依然存在^[2], 需要逐步通过制度改革从根本上解决这些问题^[1]. “制度”可理解为包括影响参与者(尤其是政府和私有团体)之间关系的因素和激励结构^[3]. 在确保基础设施不出现过度私有化而损害公共利益的前提下激发市场投资的意愿和潜能^[4], 通过制度塑造基础设施提供者行为的激励措施^[5], 是制度设计的重要目标^[6].

重大基础设施相对于一般基础设施而言, 具有建设规模大、投资力度强、开放程度高、风险因素多以及社会影响大的特点^[7], 其投融资模式既具有时代性, 同时其本身的模式创新与演进又引领整个基础设施投融资模式的发展方向. 因此, 本文的研究对象集中于重大基础设施.

围绕基础设施投融资模式问题, Ammar等^[8]认为其风险包括市场风险、投资规模、时间风险、违约

收稿日期: 2015-11-17

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(71390523); 国家自然科学基金(71471136); 中央高校基本科研业务费专项基金(1200219199)

第一作者: 乐云(1964—), 男, 教授, 管理学博士, 主要研究方向为复杂项目组织. E-mail: leyun@kzcpm.com

风险等;而 PPP(public-private-partnership)模式使用失败的重要原因在于风险分配不当、经济环境不稳定以及相关政策不完善等^[9];政府监管则可以激励社会资本投资和降低政府市场两主体的风险^[10];制度情境的变化也会对中国重大基础设施投融资模式产生影响^[11];潘宏胜等^[12]研究发达国家基础设施投融资体制对我国的启示,这些研究侧重于对某一阶段某种基础设施投融资模式的优化与改善,多着眼于微观断面。Zhang^[13]以 1992~2008 年中国基础设施的私有部门参与情况分析其由政府向市场的转变进程,分析跨度较短。而本文采用演化博弈的方法对我国 1979~2015 年间伴随投融资制度改革而发生的重大基础设施投融资模式演进问题进行纵贯分析,在系统回顾和梳理 30 余年来演进历程的同时,为下一步政策制订提供历史参照。

基于有限理性的演化博弈作为经济社会领域使用最为广泛的理论方法之一,由于其更贴近现实情况,在分析利益相关主体的行为演化^[14]等方面具有较强的解释力。

1 演化博弈模型的构建与求解

1.1 阶段划分

基础设施投融资模式是对基础设施建设项目进

行投资融资时可供仿效和重复运用的方案^[2]。纪玉哲^[15]将 1949~2013 年基础设施财政投融资模式分为财政包揽型(1949~1978)、引入举债机制(1979~1992)、融资渠道及手段多样化(1993~2002)、投资主体多元化(2003~2013)等 4 个阶段。1993 年 11 月,中共十四届三中全会通过《关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定》,提出培育市场体系、加快金融体制改革、组建国家开发银行等措施;1997 年国务院下发《关于投资体制近期改革方案》,确定了地方政府融资平台作为基础设施投资主体的地位;2002 年建设部发布《关于加快市政公用行业市场化进程的意见》,鼓励社会资本和外国资本采取独资、合资、合作等形式参与市政公用设施建设,建立特许经营制度;2005 年《关于鼓励支持和引导个体私营等非公有制经济发展的若干意见》,允许非公有资本以股权融资、项目融资等方式进入基础设施领域;2010 年《关于鼓励和引导民间投资健康发展若干意见》进一步鼓励和引导民间投资进入市场化运作的基础产业和基础设施领域,这些政策的发布标志着基础设施投融资制度发展的新突破。参照已有文献划分方式并结合相关标志性政策的出台时间,本文将我国近 30 余年基础设施投融资制度改革细分为 5 个主要阶段,详见表 1,并以此为基础构建演化博弈模型。

表 1 改革开放至今我国基础设施投资投融资制度发展阶段划分

Tab.1 Five phases of China's infrastructure investment and finance institution since reform and opening up

| 阶段 | 时间 | 标志性政策 | 投融资制度主要变化 |
|-----|-----------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| I | 1979~1992 | 《关于基本建设投资实行贷款办法的报告》、《基本建设贷款试行条例》 | 试行基本建设拨款改贷款、基本建设基金制等 |
| II | 1993~1997 | 《关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定》 | 尝试利用资本市场进行融资,确立市场化改革方向 |
| III | 1998~2002 | 《关于投资体制近期改革方案》 | 开展贷款改投资、组建政策性基础设施建设投融资公司、固定资产投资领域向市场机制转轨 |
| IV | 2003~2010 | 《关于加快市政公用行业市场化进程的意见》、《关于鼓励支持和引导个体私营等非公有制经济发展的若干意见》 | 全面建立和推行政府特许经营制度,允许非公有资本进入垄断行业和领域、公用事业和基础设施领域以及社会事业领域 |
| V | 2011 至今 | 《关于鼓励和引导民间投资健康发展若干意见》 | 鼓励和引导社会资本以独资、合资、合作、联营、项目融资等方式,参与经营性的公益事业、基础设施项目建设 |

1.2 基本假设

在充分考虑我国重大基础设施投融资决策的实际情况和模型的可解性问题下,本文做出如下基本假设:① 博弈主体归纳为政府和市场,其均是有限理性程度较高的主体,选择策略是基于其自身对策略价值的感知^[16];② 项目实施结果抽象为“成功”或“失败”,其不仅取决于政府决策水平,还受项目所处政治、经济、社会、自然环境等外界因素的影响,故设置一个虚拟的参与者“自然”来“选择”项目“成功”与

“失败”的概率^[16];③ 政府与市场主体之间的信息存在不对称,故双方在投资决策时并不能准确预测项目“失败”的概率(如图 1 虚线所示);④ 政府吸纳市场参与投资时,市场权衡自身发展、长期或稳定的收益预期及风险损失等,根据投资经验和对项目的评估决定是否投资。市场主体的策略可分为“投资”和“不投资”。双方损益额的比例与投资比例相关;⑤ 该博弈是动态的。政府表达建设意愿,市场后做出投资意向,政府再根据市场投资意向初步决策,市

场也采取相应行动影响和参与政府决策过程,最终确定投资情况. 即该博弈是一个相互作用的迭代渐进过程; ⑥ 博弈双方的收益具有互利效应, 即市场投资时能增加政府收益, 政府的投资也会分担市场的风险^[16].

1.3 模型构建和参数解释

结合以上 6 点假设, 根据政府参与方的行动策略集{建设, 不建设}, 以及市场参与方的行动策略集{投资, 不投资}, 可以得到重大基础设施投融资的政府-市场博弈树, 如图 1 所示. 图中: G 为政府参与方; M 为市场参与方; N 为“自然”, 一个虚拟的行动者, 由它来“选择”该重大基础设施项目成败的概率; α 为项目成功的概率, 值域为 $[0, 1]$; β 为市场投资该项目的可能性, 值域为 $[0, 1]$; I_g 为市场投资时的政府投资额, 值域为 $[0, +\infty)$; I_m 为市场投资额, 值域为 $[0, +\infty)$; P_g 为政府投资 I_g 时, 该重大基础设施项目成功能给政府带来的毛收益, 包括有形资产和该项目为经济社会发展带来的效益, 值域为 $[0, +\infty)$; P'_g 为政府全部投资时, 该重大基础设施项目成功能给政府带来的毛收益, 包括有形资产和该项目为经济社会发展带来的效益, 值域为 $[0, +\infty)$; P_m 为市场投资 I_m 在重大基础设施项目中为市场投资方创造的毛收益, 值域为 $[0, +\infty)$; P'_m 为市场将投资额 I_m 投资到其他市场时能获得的同期平均毛收益, 值域为 $[0, +\infty)$; L 为项目失败时的全部损失额, 即项目的整体风险成本, $L = L_g + L_m$, 值域为 $[0, +\infty)$; L_g 为项目失败时政府承担的损失额, 即政府进行投资时需要承担的风险成本, 值域为 $[0, +\infty)$; L_m 为项目失败时市场承担的损失额, 即市场进行投资时需要承担的风险成本, 值域为 $[0, +\infty)$.

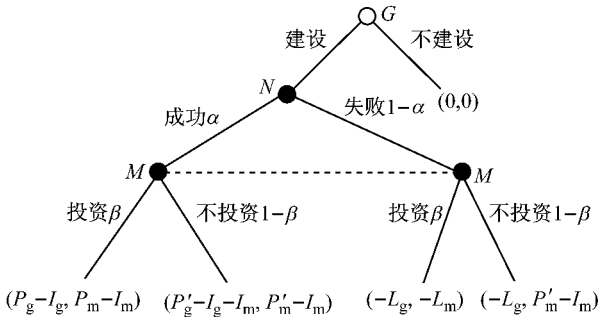


图 1 重大基础设施投融资博弈树

Fig.1 Game tree of mega infrastructure investment and finance

根据以上参数并结合之前的 6 个假设, 可得以下基本规律和组合参数:

(1) 由假设④可知, 政府投入的成本与其需要承

担的风险成正比, 即 $L_m I_g = L_g I_m$ ($I_g \neq 0$ 时). $I_m = 0$ 时, $L_g = L$; $I_g = 0$ 时, $L_m < L$, 即政府作为主要决策方也会承担一部分损失, 其具体份额在不同项目中会不同. 不妨设 $L_m = Ls$, $s \in [0, 1)$, 则 $L_g = L(1-s)$. 其中 s 表征市场投资重大基础设施时的风险分担率.

(2) 由假设⑥可知, 双方可以实现互利共赢. 即

$$\frac{P'_g - I_g - I_m}{I_g + I_m} < \frac{P_g - I_g}{I_g}, I_g \neq 0$$

(3) 相同的投资额, 市场将其投入到重大基础设施领域和其他领域的净收益不同. 不妨设二者之间存在比例关系 $P'_m = P_m r$, $r \in (0, +\infty)$. 其中 r 表征市场投资其他领域与投资重大基础设施领域的收益比, 衡量重大基础设施投资领域对市场的吸引力.

1.4 模型求解

政府在项目“成功”、“失败”两种情况时的期望收益 u_{gs} , u_{gf} 和平均期望收益 u_g 分别为

$$u_{gs} = \beta(P_g - I_g) + (1-\beta)(P_g - I_g - I_m) = P_g - I_g - I_m + \beta I_m$$

$$u_{gf} = \beta(-L_g) + (1-\beta)(-L) = -L + \beta(L - L_g) = -L + \beta L_m$$

$$u_g = \alpha u_{gs} + (1-\alpha) u_{gf} = \alpha \beta (I_m - L_m) + \alpha (P_g - I_g - I_m + L) + \beta L_m - L$$

市场在“投资”、“不投资”两类策略选择时的期望收益 u_{mv} , u_{mn} 和平均期望收益 u_m 分别为

$$u_{mv} = \alpha(P_m - I_m) + (1-\alpha)(-L_m) = \alpha(P_m + L_m - I_m) - L_m$$

$$u_{mn} = \alpha(P'_m - I_m) + (1-\alpha)(P'_m - I_m) = P'_m - I_m$$

$$u_m = \beta u_{mv} + (1-\beta) u_{mn} = \alpha \beta (P_m + L_m - I_m) - \beta (P'_m + L_m - I_m) + P'_m - I_m$$

根据非对称复制动态演化博弈分析规则^[17], 求出政府市场博弈的复制动态方程(即收益关于时间的变化函数), 政府的为

$$F(\alpha) = \frac{d\alpha}{dt} = \alpha(u_{gs} - u_g) = \alpha [P_g - I_g - I_m + \beta I_m - \alpha \beta (I_m - L_m) - \alpha (P_g - I_g - I_m + L) - \beta L_m + L] = \alpha(1-\alpha) [\beta (I_m - L_m) + P_g + L - I_g - I_m] \quad (1)$$

市场的为

$$H(\beta) = \frac{d\beta}{dt} = \beta(u_{mv} - u_m) = \beta [\alpha (P_m + L_m - I_m) - L_m - \alpha \beta (P_m + L_m - I_m) + \beta (P'_m + L_m - I_m) - P'_m + I_m] = \beta(1-\beta) [\alpha (P_m + L_m - I_m) - (P'_m + L_m - I_m)] \quad (2)$$

2 演化博弈模型的稳定性分析

2.1 政府策略的演化稳定性分析

分析政府的演化稳定性,由方程(1)知:

若 $\beta = (P_g + L - I_g - I_m) / (L_m - I_m)$, 则 $d\alpha/dt = 0$ 恒成立, 则对任意 α 都是稳定状态. 由于 $\beta \in [0, 1]$, 所以当 $I_g + L_m \leq P_g + L \leq I_g + I_m$ 时该稳定状态可以达到.

若 $\beta \neq (P_g + L - I_g - I_m) / (L_m - I_m)$, 则 $\alpha^* = 0$ 与 $\alpha^* = 1$ 是两个稳定状态, 其中当 $(P_g + L - I_g - I_m) / (L_m - I_m) < \beta \leq 1$ 时, $\alpha^* = 1$ 是 ESS (evolutionarily stable strategy, 演化稳定策略); 当 $0 \leq \beta < (P_g + L - I_g - I_m) / (L_m - I_m)$ 时, $\alpha^* = 0$ 是 ESS.

所以仅当 $\alpha = 0, 1$ 或 $\beta = (P_g + L - I_g - I_m) / (L_m - I_m)$ 时, 该项目能“成功”的比例是局部稳定的.

2.2 市场策略的演化稳定性分析

分析市场的演化稳定性,由方程(2)知:

$$J = \begin{pmatrix} (1-2\alpha)[\beta(I_m - L_m) + P_g + L - I_g - I_m] & \\ & \beta(1-\beta)(P_m + L_m - I_m) \end{pmatrix}$$

该矩阵的行列式为

$$\det J = (1-2\alpha)(1-2\beta)[\beta(I_m - L_m) + P_g + L - I_g - I_m][\alpha(P_m + L_m - I_m) - (P'_m + L_m - I_m)] - \alpha\beta(1-\alpha)(1-\beta)(I_m - L_m)(P_m + L_m - I_m)$$

该矩阵的迹为

$$\text{tr } J = (1-2\alpha)[\beta(I_m - L_m) + P_g + L - I_g - I_m] +$$

表 2 4 个局部均衡点的演化稳定性分析

Tab.2 Evolutionary stability analysis of four partial equilibrium points

| 均衡点 | det J | | tr J | | 结论 |
|--------|--------------------------------------------|----|------------------------------------|----|------|
| | 结果 | 符号 | 结果 | 符号 | |
| O(0,0) | $-(P_g + L - I_g - I_m)(P'_m + L_m - I_m)$ | + | $P_g + L_g - I_g - P'_m$ | 不定 | 鞍点 |
| S(1,0) | $-(P_g + L - I_g - I_m)(P_m - P'_m)$ | + | $I_g + I_m - L - P_g + P_m - P'_m$ | + | 不稳定点 |
| T(0,1) | $(P_g + L_g - I_g)(P'_m + L_m - I_m)$ | + | $P_g + L - I_g - I_m + P'_m$ | 不定 | 鞍点 |
| P(1,1) | $(P_g + L_g - I_g)(P_m - P'_m)$ | + | $I_g - P_g - L_g + P'_m - P_m$ | - | ESS |

由以上分析结果可知,局部均衡点 O, T 均为鞍点, S 为不稳定点, P 为稳定均衡点. 系统可能收敛于点 P(1,1), 即政府决定进行建设的重大基础设施项目能获得成功且市场投资重大基础设施的意愿为 100% 时, 系统达到最大收益.

对于点 $Q\left(\frac{L_m + P'_m - I_m}{L_m + P_m - I_m}, \frac{P_g + L - I_g - I_m}{L_m - I_m}\right)$, 其稳定性不能通过常规的雅克比矩阵局部稳定分析法判断, 因为 $\text{tr } J = 0$. 本文采用如下微分分析法判断:

当 $\alpha = (L_m + P'_m - I_m) / (L_m + P_m - I_m)$ 时, $d\beta/dt = 0$ 恒成立, 则对任意 β 都是稳定状态. 由于 $\alpha \in [0, 1]$, 所以当 $P'_m \leq P_m$ 且 $L_m + P'_m \geq I_m$ 成立或 $P'_m \geq P_m$ 且 $L_m + P'_m \leq I_m$ 成立时, 该稳定状态可以达到.

当 $\alpha \neq (L_m + P'_m - I_m) / (L_m + P_m - I_m)$ 时, $\beta^* = 0$ 和 $\beta^* = 1$ 是两个稳定状态, 其中 $0 \leq \alpha < (L_m + P'_m - I_m) / (L_m + P_m - I_m)$ 时, $\beta^* = 0$ 是 ESS, 当 $(L_m + P'_m - I_m) / (L_m + P_m - I_m) < \alpha \leq 1$ 时, $\beta^* = 1$ 是 ESS.

所以仅当 $\beta = 0, 1$ 或 $\alpha = (L_m + P'_m) / (L_m + P_m)$ 时, 市场参与方选择“投资”的比例是局部稳定的.

2.3 政府和市场混合策略的演化稳定性分析

根据以上分析, 式(1)和式(2)组成的系统有 5 个局部均衡点: $O(0, 0), S(1, 0), T(0, 1), P(1, 1), Q\left(\frac{L_m + P'_m - I_m}{L_m + P_m - I_m}, \frac{P_g + L - I_g - I_m}{L_m - I_m}\right)$. 它们代表政府和市场的混合策略. 利用此微分方程系统的雅克比矩阵的局部稳定性^[18]分析该系统的 ESS. 系统的雅克比矩阵为

$$J = \begin{pmatrix} \alpha(1-\alpha)(I_m - L_m) & \\ (1-2\beta)[\alpha(P_m + L_m - I_m) - (P'_m + L_m - I_m)] & \\ & (1-2\beta)[\alpha(P_m + L_m - I_m) - (P'_m + L_m - I_m)] \end{pmatrix}$$

判断 O, S, T, P 这 4 个局部均衡点的局部稳定性, 当 $P'_m \leq P_m, P_g - I_g \geq -L + L_m = -L_g, I_g \leq P_g + L_g, P'_m \geq I_m - L_m (I_m \leq P'_m + L_m), P_g - I_g \leq -L + I_m (P_g - I_g + L \leq I_m)$, 4 个条件同时满足时, 分析结果如表 2 所示.

$$\frac{dF(\alpha)}{d\alpha} = \alpha(1-\alpha)(I_m - L_m), \quad \frac{dH(\beta)}{d\beta} = \beta(1-\beta)(P_m + L_m - I_m),$$

将 Q 点坐标代入得

$$\frac{dF(\alpha)}{d\beta} = \frac{(L_m + P'_m - I_m)(P_m - P'_m)(I_m - L_m)}{(L_m + P_m - I_m)^2} \quad (3)$$

$$\frac{dH(\beta)}{d\alpha} = \frac{(P_g + L - I_g - I_m)(-P_g)(P_m + L_m - I_m)}{(L_m - I_m)^2} \quad (4)$$

因为 $P'_m \leq P_m$, $I_m \leq P'_m + L_m$, $I_g \leq P_g + L_g$, $P_g - I_g + L \leq I_m$, 结合其他参数的关系可知, 式(3)、式(4)均为正, 则 Q 点为不稳定节点^[18].

综上所述, 系统整体动态演化相位图见图 2.

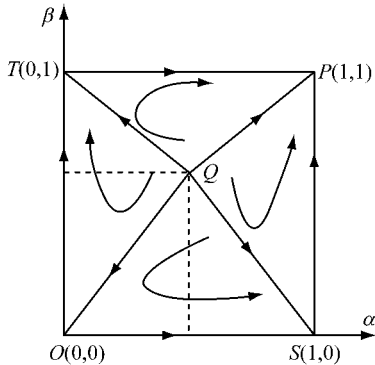


图 2 系统整体动态演化相位图

Fig. 2 Dynamic evolution phase diagram of overall system

2.4 分析结果讨论

2.4.1 模型稳定性条件分析

由以上分析可知, 当 4 个条件(① $P'_m \leq P_m$, ② $I_m \leq P'_m + L_m$, ③ $I_g \leq P_g + L_g$, ④ $P_g - I_g + L \leq I_m$)同时满足时, 系统可以达到最大收益. 每个条件说明如下: 条件①, 较高的收益是吸引社会资本进入基础设施投资市场的重要原因; 条件②, 市场在确定投资额时会充分考虑收益期望与可能的损失, 这是市场规避风险、谨慎投资的表现; 条件③, 只有当政府投资不仅可以收回成本, 还可以覆盖预期损失额时, 政府才有动力采用完全政府投资的模式, 拒绝社会资本的引入; 条件④, 当项目带给政府的净收益小于其可接受的阈值时, 政府具有鼓励和吸引社会资本进入基础设施建设投资领域的动力.

2.4.2 影响模型稳定性条件的不确定性因素

外部经济社会环境因素的变化. 基础设施投资市场的收益与其他投资市场的收益高低很大程度上受外部社会经济环境等因素的影响, 而这些因素是动态变化的, 难以人为控制和预测, 因此, 决策者存在低估成本和高估收益的倾向, 即 P_m 被高估.

政府的决策投资不一定是经济利益驱动的. 基础设施尤其是重大基础设施的建设通常都是由政治因素、社会因素驱动的, 经济利益尤其是短期显性经济利益的重要性往往并不是首要决定因素, 因此, 倾向于高估政府投资的经济收益, 即 P_g 被高估.

重大基础设施涉及范围和影响十分巨大, 一旦项目“失败”, 其损失难以估量, 因此, 倾向于低估重大基础设施项目失败的风险, 即 L, L_m 被低估.

这些因素导致 4 个条件在现实中难以实现, 从而难以达到稳定均衡. 以上分析说明, 随着重大基础设施建设需求和投资需求的急剧增长, 吸纳市场资本投资重大基础设施成为政府扩大基础设施建设的必然选择, 而吸纳市场投资的前提则是政府决策水平.

3 仿真分析

为了详细分析不同影响因素对均衡的影响, 本文以 A 公司 23 年来进行重大基础设施投资的数据为基础, 利用基于 Agent 的模拟仿真平台 Netlogo 进行演化博弈仿真模拟.

3.1 仿真主体属性和规则

在“政府-市场”决策投资阶段的演化博弈中, 政府参与方的属性有 $G = (I_g, P_g, P'_g, L_g)$, 市场参与方的属性有 $M = (I_m, P_m, P'_m, L_m)$. 将重大基础设施项目投资额初步设定为 200 亿元. 根据假设并联系 A 公司的实际数据对这些属性赋值.

$I_g, I_m \in [0, 200]$; $I_g + I_m = 200$; $L = L_g + L_m \in [0, 300]$; $P_g, P'_g, P_m, P'_m \in [0, 300]$; $I_g, I_m, P_g, P'_g, P_m, P'_m, L$ 的单位均为“亿元”, 步长均为 1; $P'_m = P_m r, L_m = L s$; $r \in (0, +\infty)$, $s \in [0, 1)$, $a \in [0, 1]$, $b \in [0, 1]$; r, s, a, b 的步长为 0.001. 仿真规则遵循演化博弈模型假设.

3.2 模拟仿真实验

通过仿真平台分析 a, b, I_m, r, L 等参数的变化对双方风险和收益的影响, 结果如图 3 所示.

3.2.1 市场投资意愿对双方投资风险的影响

在政府决策失败而市场进行投资时双方的收益额(若是损失则为负值)的大小可以衡量双方的投资风险. 市场参与方投资重大基础设施的意愿对双方的收益情况会产生影响. 在其他参数条件固定在第 IV 阶段: $a = 0.8, s = 0.5, r = 0.8, I_g = 100, I_m = 100, P_g = 170, P_m = 150, L = 120$, 而市场投资几率 b 变化时若决策失败, 双方收益变化如图 3a. 由于双方投资额相同, 均摊风险, 所以收益变化情况也相同(图 3b, 3g 同理). 由图可知, 市场投资重大基础设施的意愿增加可以降低政府的投资风险, 在投资意愿较低时, 投资风险随投资意愿的变化较大. 政府应当通过提高决策水平、规范投资程序、完善相关法律法规、加快投融资体制改革以吸引市场投资重大基础设施.

3.2.2 政府决策水平对双方投资风险的影响

政府决策失误会对重大基础设施投资产生巨大

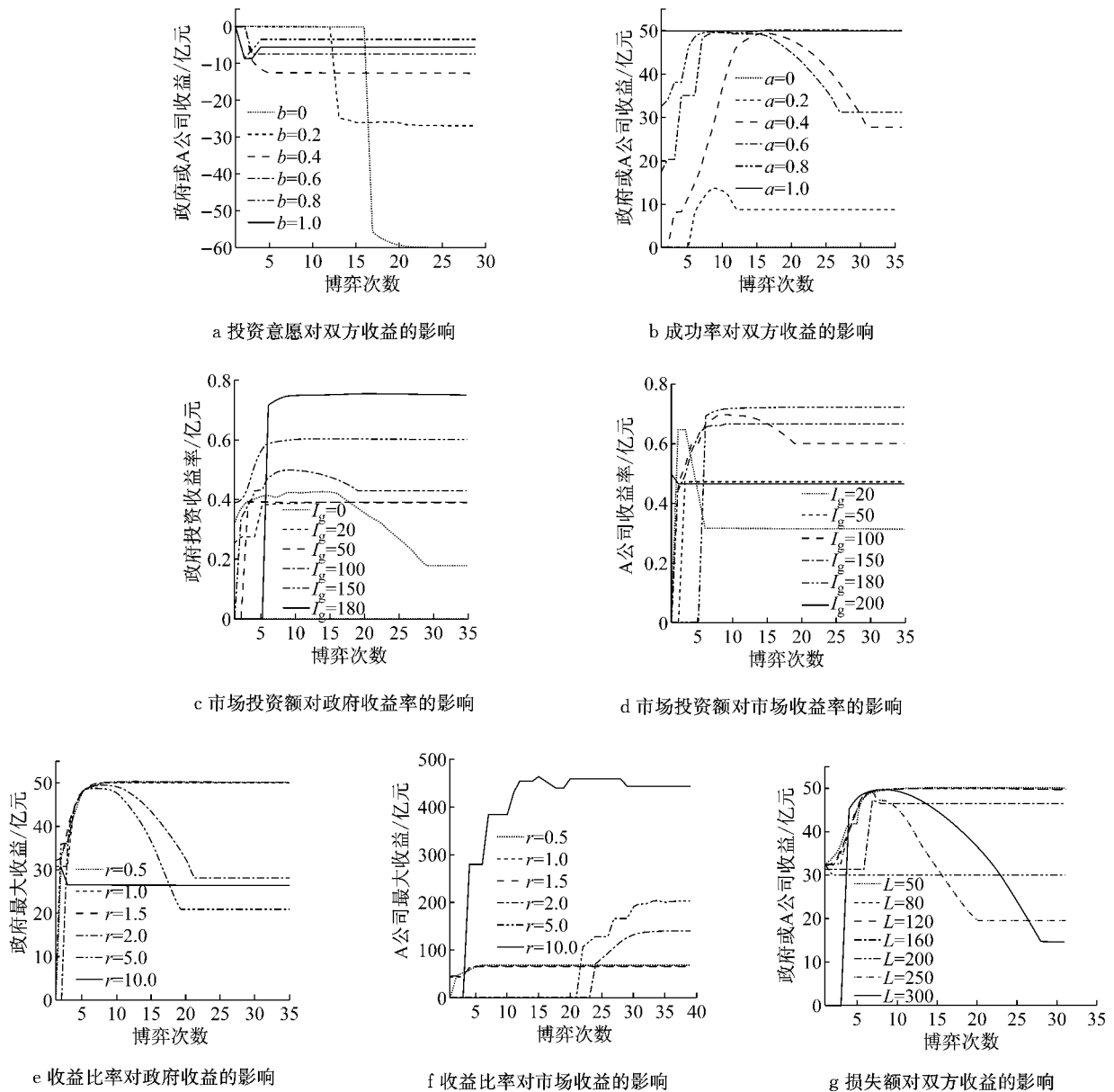


图 3 不同参数对主体收益的影响

Fig.3 Effects of different parameters on payoff of agents

影响. 在其他参数条件固定为 $b=0.7, s=0.5, r=0.8, I_g=100, I_m=100, P_g=150, P_m=170, L=120$, 而政府决策成功率 a 变化时, 市场投资的情况下, 双方收益变化如图 3b. 由图可知, 政府决策水平提高则双方的收益都会明显增加. 因此, 政府的前期决策对整个项目的实施和政府市场双方的收益影响显著, 政府需要通过高度重视前期决策, 科学规范地进行项目可行性研究和前期决策.

3.2.3 市场投资额度对双方收益的影响

市场投资额度的大小影响着重大基础设施的融资成功与否, 进而会影响政府和市场的投资收益. 不妨将部分参数固定为 $a=0.8, b=0.7, r=0.8, L=120$, 而 I_g, I_m, P_g, P_m 都在变化, 但 $I_g + I_m = 200$ 保

持不变且 P_g 与 I_g, P_m 与 I_m 正相关. 用双方收益率 (投资收益与相关投资额的比值) 表示仿真结果, 如图 3c 和 3d 所示. 由图可知, A 公司投资额占总投资额 25% 到 90% 时双方收益率均较高, 但全部由市场进行投资时 A 公司的收益率反而出现下滑, 因为此时市场需要承担极大的风险, 可见政府适度的投资也能降低市场风险. 大量吸纳市场资本投资重大基础设施对于政府和市场主体是双赢的, 而且市场持有较高的投资率既能获得最大收益也能有效规避风险.

3.2.4 重大基础设施投资领域与其他投资领域的收益率对双方收益的影响

重大基础设施投资领域与其他投资领域的收益

比率对市场投资重大基础设施的积极性和投资额度产生影响. 将参数固定为: $a=0.8, b=0.7, s=0.5, I_g=100, I_m=100, P_g=150, P_m=170, L=120$, 分析 r 对双方收益的影响. 市场投资且项目成功时双方的收益期望如图 3e 和 3f 所示. 由图可知, 对于 A 公司, 若其他投资领域的收益率 n_1 小于重大基础设施投资领域收益率 n_2 的 2 倍, 即 $n_1 < 2n_2$, 则其策略选择还是投资重大基础设施; 而当 $n_1 = 2n_2$ 时, 则在政府决策可能失败的情况下不投资重大基础设施能获得最大收益; 只有 $n_1 \geq 5n_2$ 时, 即使政府决策成功也不应该选择投资重大基础设施. 可见重大基础设施投资领域的吸引力并非仅来自显性经济收益, 还有隐性经济收益和社会收益等, 其他领域的收益率需超过其 2 倍方可使投资者撤出重大基础设施投资领域.

3.2.5 项目失败损失额度对双方收益的影响

重大基础设施项目失败时的损失额因“失败”程度不同而变化, 直接影响着双方投资风险. 不妨将其他参数设定为: $a=0.8, b=0.7, s=0.5, r=0.8, I_g=100, I_m=100, P_g=150, P_m=170$, 分析 L 的变化对双方收益的影响. 损失额变化情况下, 项目成功且市场投资时, 双方收益期望变化如图 3g 所示. 由图可知, 当项目失败时可能的损失额小于总投资额 80% 时双方可实现均衡时的最大收益, 而超过时收益则会减小. 可见损失额越大, 收益越小, 但还有可能获得一定收益. 因此重大基础设施投融资要加强对管理、规避风险, 尽可能减小投资损失.

4 结语

本文通过长时间跨度的纵贯分析得出: ①政府的政策制度和决策水平与市场投资意愿之间会产生相互反馈, 它们共同影响投资收益和风险分担, 进而对重大基础设施建设投融资模式的演进起着决定性作用, 较高的收益预期和较低的风险水平是市场投资的先决条件; ②政府一定量的资本投入能够有效分担市场的风险, 且能保证双方较高的投资收益; ③市场投资能力、重大基础设施投资收益和风险情况会大大影响双方决策和投资行为, 进而影响投融资模式. 可见, 在市场投资能力不变的情况下, 如何完善政府的政策制度、提高决策水平以推动重大基础设施投融资模式向市场化、多元化方向发展是当前投融资政策的主要研究方向.

本研究的启示在于: ①在选择制度路径时必须

充分考虑市场参与方的风险和利益才能建立有效的反馈机制, 同时政府必须提高决策水平, 使得演进朝向有利的、适应市场的方向发展; ②政府资本和社会资本作为重大基础设施投融资的重要力量, 需要加以合理的引导和监管, 最终达到互利共赢; ③规范投融资程序、完善政策、加快投融资领域改革、创造良好的经济环境是有效规避投融资风险的保证.

本文的局限在于, 只考虑政府的政策制度、决策情况和市场的参与情况对重大基础设施投融资模式的影响, 而没有考虑国内外经济情况的变化、投资风险情况等. 因此在后续研究中, 可适当增加参数, 使博弈分析更能反映实际情况, 以获得更准确的结果.

参考文献:

- [1] 何佰洲. 我国基础设施投融资的体制性障碍与制度变迁[C]//中国投资学会获奖科研课题评奖会论文集(2004—2005年度). 北京: 中国投资学会, 2005: 46-62.
HE Baizhou. Institutional barriers and institutional change of infrastructure investment and financing [C] // China Investment Association Winning Research Projects Award Proceedings (2004—2005). Beijing: China Investment Association, 2005: 46-62.
- [2] 毛腾飞. 中国城市基础设施建设投融资模式创新研究[D]. 长沙: 中南大学, 2006.
MAO Tengfei. Study on investment and financing model innovation for Chinese urban infrastructure [D]. Changsha: Central South University, 2006.
- [3] Kessides C. Institutional options for the provision of infrastructure[M]. Washington D C: World Bank Publications, 1993.
- [4] Kirkpatrick C, Parker D, Zhang Y F. Foreign direct investment in infrastructure in developing countries: Does regulation make a difference? [J]. Transnational Corporations, 2006, 15(1): 143.
- [5] Leitmann J, Baharoglu D. Reaching Turkey's spontaneous settlements: The institutional dimension of infrastructure provision[J]. International Planning Studies, 1999, 4(2): 195.
- [6] Banerjee S G, Oetzel J M, Ranganathan R. Private provision of infrastructure in emerging markets: Do institutions matter? [J]. Development Policy Review, 2006, 24(2): 175.
- [7] 张信传, 薛传钊. 论大型工程管理的系统性——大型工程管理理论与实践研究系列论文之一[J]. 冶金经济与管理, 1995(4): 21.
ZHANG Xinchuan, XUE Chuanzhao. On the systematicness of large-scale project management: One of the large-scale project management theory and practice research series [J]. Metallurgical Economics and Management, 1995(4): 21.
- [8] Ammar S B, Eling M. Common risk factors of infrastructure investments[J]. Energy Economics, 2015, 49: 257.
- [9] Chou J S, Pramudawardhani D. Cross-country comparisons of

- key drivers, critical success factors and risk allocation for public-private partnership projects[J]. *International Journal of Project Management*, 2015,33:1136.
- [10] 周建亮. 城市基础设施民营化的政府监管[M]. 上海: 同济大学出版社, 2010.
ZHOU Jianliang. Government regulation of urban infrastructure privatization[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2010.
- [11] Zhang S, Gao Y, Feng Z, *et al.* PPP application in infrastructure development in China: Institutional analysis and implications[J]. *International Journal of Project Management*, 2015, 33(3): 497.
- [12] 潘宏胜, 黄明皓. 部分发达国家基础设施投融资机制及其对我国的启示[J]. *经济社会体制比较*, 2014(1): 24.
PAN Hongsheng, HUANG Minghao. Some developed countries infrastructure financing mechanisms and their implications for China[J]. *Comparative Economic & Social Systems*, 2014(1): 24.
- [13] Zhang Y. From state to market: Private participation in China's urban infrastructure sectors, 1992—2008[J]. *World Development*, 2014, 64: 473.
- [14] 杜建国, 万亚红, 侯云章. 基于供应链成员风险态度的行为演化[J]. *系统管理学报*, 2013, 22(6): 828.
DU Jianguo, WAN Yahong, HOU Yunzhang. Study on behavior evolution based on the risk attitude of the supply chain member [J]. *Journal of Systems & Management*, 2013, 22(6): 828.
- [15] 纪玉哲. 公共基础设施投融资改革研究[D]. 沈阳: 东北财经大学, 2013.
JI Yuzhe. Research on the reform of public infrastructure investing and financing system [D]. Shenyang: Dongbei University of Finance and Economics, 2013.
- [16] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海三联书店, 2004.
ZHANG Weiyong. Game theory and information economics [M]. Shanghai: SJPC, 2004.
- [17] Friedman D. On economic application of evolutionary game theory[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 1998(8): 15.
- [18] 王众托. 系统工程引论[M]. 3版. 北京: 电子工业出版社, 2006.
WANG Zhongtuo. An introduction to system engineering[M]. 3rd ed. Beijing: Electronic Industry Press, 2006.

(上接第 1204 页)

5 结论

(1) 由于设备层刚度柔且不均匀性较强, 即使采用逐层找平的施工方法, 施工完成后环梁与设计标高的偏差仍达到 31.7 mm, 最大与最小位移相差达 17.3 mm. 根据幕墙支撑结构施工过程模拟分析结果, 采用吊点预抬高和吊杆长度调整的措施对环梁标高进行预调整, 保证了幕墙的几何形态和安全使用.

(2) 主体结构巨型框架与次框架复合的构成特点, 导致巨柱区间压缩量会引起幕墙支撑结构与主体结构楼面发生数值较大且分布规律复杂的竖向位移差, 通过施工模拟方法对竖向位移差进行确定, 为幕墙支撑结构与主体结构间的滑动节点设计提供依据.

(3) 主体结构施工引起的巨柱区间压缩将引起径向支撑较大的附加弯矩, 最大附加弯矩应力比达到 0.3, 其对幕墙支撑结构安全的影响不容忽视.

参考文献:

- [1] 丁洁民, 何志军, 李久鹏, 等. 上海中心大厦巨型悬挂幕墙系统

结构设计与思考 [J]. *同济大学学报: 自然科学版*, 2016, 44(4): 559.

DING Jiemin, HE Zhijun, LI Jiupeng, *et al.* Design and study of super suspend curtain wall support structure of Shanghai Tower [J]. *Journal of Tongji University: Natural Science*, 2016, 44(4): 559.

- [2] 金土木软件有限公司. CSI 分析参考手册[Z]. 北京: 北京金土木软件技术有限公司, 2005.

Civil King Software Corporation. CSI analysis reference manual [Z]. Beijing: Beijing Civil King Software Corporation, 2005.

- [3] Dassault Systèmes Simulia Corp. ABAQUS user's manual [M]. Providence: Dassault Systèmes Simulia Corp, 2010.

- [4] Bazant Z P, Baweja S. Creep and shrinkage prediction model for analysis and design of concrete structures-model B3 [J]. *Materials and Structures*, 1995, 28: 357.

- [5] 丁洁民, 何志军, 李久鹏, 等. 上海中心大厦悬挂式幕墙支撑结构设计若干关键问题 [J]. *建筑结构*, 2013, 43(24): 6.

DING Jiemin, HE Zhijun, LI Jiupeng, *et al.* Several key issues of analysis and design of suspend curtain wall support structure of Shanghai Tower[J]. *Building Structures*, 2013, 43(24): 6.

- [6] 丁洁民, 何志军, 李久鹏, 等. 上海中心大厦幕墙支撑结构关键节点分析设计[J]. *建筑结构*, 2013, 43(24): 12.

DING Jiemin, HE Zhijun, LI Jiupeng, *et al.* Analysis and design of key connection of curtain wall support structure of Shanghai Tower [J]. *Building Structures*, 2013, 43(24): 12.