

地下储气库建设利益相关方决策研究

——基于三方演化博弈模型

郑娇娇（西南石油大学经济管理学院，四川 成都 610500）

摘 要：基于演化博弈理论，构建地方政府、油气企业、天然气用户三方演化博弈模型，探讨三方策略趋向稳定状态的关键影响因素及决策行为建议。结果表明：政府采取“严格监管”策略要考虑监管成本和企业补贴等因素；企业采取“积极建设”策略要考虑企业建设成本、建设补贴、机会损失等因素；用户采取“支持”策略要潜在损失、储气费补贴等因素。政府通过完善工作机制、监督机制等方式和用户的推动作用能激励企业开展积极建设工作，三方共同促成储气行业成熟发展。

关键词：储气库建设；利益相关方；演化博弈；影响因素分析；决策分析

1 引言

储气库发挥着天然气应急保供，战略储备等重要作用，建设储气库对天然气产业链发展具有重要意义^[1-3]。而2020年全国储气库工作气量在天然气消费量的占比低于7.2%，与15%的储气库工作气量国际平均安全水平相差甚远^[4]，因此，我国地下储气库的建设发展是明显滞后的^[5-7]。其直接原因是地下储气库建设难度高，投资风险高，管理经验不足等^[6-10]。而深层次原因是地方政府，油气企业，天然气用户三主体间的利益博弈影响着储气库的建设发展，不同主体的策略选择，会在极大程度上影响博弈的结果，三方共同努力才能推进储气库建设进程。本文以地方政府，油气企业和天然气用户为博弈主体，构建三方演化博弈模型，分析各主体决策选择达到理想状态的影响因素及三方的决策行为，为地方政府，油气企业，天然气用户进行科学决策提供依据。

2 三方博弈模型的构建

2.1 基本假设

本文构建的博弈模型涉及地方政府，油气企业，天然气用户三个主体，地方政府在整个博弈过程中起着监管的作用，也是被消费者推动的主体，消费者发挥着推动储气库建设的作用，也是气价上涨的接受主体，油气企业是储气库建设、接受政府监管、被消费者推动的主体，三者是在有限理性的。地方政府策略为严格和不严格监管两种方式，油气企业策略为积极和不积极建设两种方式，天然气用户策略为支持和不支持两种方式。假设地方政府选择“严格监管”策略的概率是 x ，油气企业采取“积极建设”策略的概率是

y ，天然气用户选择“支持”的概率是 z 。

2.2 相关参数设置

当政府严格监管产生的社会效益为 T_1 ，政府对储气库建设的严格监管成本为 C_1 ，给予企业的激励补贴 Q_1 ，给予天然气用户的气价补贴 Q_2 。政府不严格监管时的社会效益为 T_2 。当企业不积极建设时，政府承担供气不稳定所致的经济损失为 G 。天然气用户接受气价上涨而推动政府严格监管储气库建设，而增加政府的社会形象等的收益为 B_1 ，地方政府监管的努力程度为 β ， $0 \leq \beta < 1$ 。

油气企业积极建设的基本收益为 E_1 ，不积极建设的基本收益为 E_2 ，企业积极建设所需成本为 C_2 。企业不积极建设相应的机会损失为 S ，天然气用户接受气价上涨而推动企业积极建设储气库，所增加企业的社会形象等的收益为 B_2 ，油气企业建设储气库的积极程度为 α ， $0 \leq \alpha < 1$ 。

天然气用户支持积极建设而保障天然气使用的预期收益为 H ，不支持的预期收益为 I ，高峰期用气不稳定的潜在损失为 S_1 。

2.3 三方演化博弈的收益矩阵

基于上述基本假设和相关参数，确定出三方收益矩阵如表1所示：

表1 三方博弈主体的收益矩阵

策略组合	地方政府收益	企业收益	天然气用户收益
(严格监管, 积极建设, 支持)	$T_1 - C_1 - Q_1 + B_1$	$E_1 - C_2 + Q_1 + B_2$	$H + Q_2$
(严格监管, 积极建设, 不支持)	$T_1 - C_1 - Q_1$	$E_1 - C_2 + Q_1$	$I - S_1$

(严格监管, 不积极建设, 支持)	$-C_1 - (1-\beta)Q_1 + \alpha T_1 + B_1 - G$	$E_2 - \alpha C_2 + (1-\beta)Q_1 + B_2 - S$	$H + Q_2 - S_1$
(严格监管, 不积极建设, 不支持)	$-C_1 - (1-\beta)Q_1 + \alpha T_1 - G$	$E_2 - \alpha C_2 + (1-\beta)Q_1 - S$	$I - S_1$
(不严格监管, 积极建设, 支持)	$T_2 + B_1$	$E_1 - C_2 + B_2$	H
(不严格监管, 积极建设, 不支持)	T_2	$E_1 - C_2$	$I - S_1$
(不严格监管, 不积极建设, 支持)	$\alpha T_2 + B_1 - G$	$E_2 - \alpha C_2 + B_2 - S$	$H - S_1$
(不严格监管, 不积极建设, 不支持)	$\alpha T_2 - G$	$E_2 - \alpha C_2 - S$	$I - S_1$

3 三方演化博弈过程分析

3.1 构建复制动态方程

基于演化博弈理论^[11-12], 地方政府对储气库建设严格和不严格监管的期望收益为 U_{11} , U_{12} , 平均期望收益为 U_1 。

$$U_{11} = yT_1 - yQ_1 + B_1z - C_1 - (1-\beta)Q_1 + \alpha T_1 + (1-\beta)Q_1y - \alpha T_1y - (1-y)G$$

$$U_{12} = yT_2 + zB_1 + \alpha T_2 - G - \alpha yT_2 + yG$$

$$U_1 = xU_{11} + (1-x)U_{12}$$

政府对储气库建设严格监管策略的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(U_{11} - U_1) = x(1-x)(U_{11} - U_{12})$$

$$= x(1-x)\{y + \alpha - \alpha y\}(T_1 - T_2) - C_1 - [(1-\beta) + \beta y]Q_1\}$$

同理可得, 企业选择“积极建设”策略和用户选择“支持”策略的复制动态方程分别为:

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[E_1 - E_2 - (1-\alpha)C_2 + x\beta Q_1 + S]$$

$$F(z) = z(1-z)(xQ_2 + H + yS_1 - I)$$

分别令以下四个分式为(1)式、(2)式、(3)式、(4)式:

$$\frac{C_1 + (1-\beta)Q_1 - \alpha T_1 + \alpha T_2}{T_1 - \beta Q_1 - \alpha T_1 - T_2 + \alpha T_2} \quad \frac{E_2 + C_2 - E_1 - \alpha C_2 - S}{\beta Q_1}$$

$$\frac{I - yS_1 - H}{Q_2} \quad \frac{I - xQ_2 - H}{S_1}$$

3.2 三方的复制动态分析

当 y 等于(1)式时, 则对任意 x 的取值, 方程都是稳定状态。若 y 小于(1)式时, $x=0$ 时是博弈模型达到稳定状态的演化平衡点, 政府的演化稳定策略是不严格监管策略。同理可得: 若 y 大于(1)式, 此时 $x=1$ 时是博弈模型达到稳定状态的演化平衡点, 政府的演化稳定策略是严格监管策略。分析讨论: 随着企业“积极建设”概率加大, 地方政府“严格监管”概率变大。

当 x 等于(2)式时, 则对任意 y 的取值, 方程都是稳定状态。当 x 小于(2)式时, $y=0$ 是演化平衡点, 企业选择不积极建设策略是演化稳定策略。同理可得: 当 x 大于(2)式时, $y=1$ 时是演化平衡点, 企业选择积极建设策略是演化稳定策略。分析讨论: 随着地方政府“严格监管”概率的加大, 企业选择“积极建设”概率变大。

当 x 等于(3)式, 则对任意 y 的取值, 方程都是稳定状态。当 x 小于(3)式时, $z=0$ 时是演化平衡点, 用户选择不支持策略是演化稳定策略。同理可得: 当 x 大于(3)式时, $z=1$ 时是演化平衡点, 用户选择支持策略是演化稳定策略。分析讨论: 随着地方政府严格监管概率加大, 用户“支持”策略概率变大。

当 y 小于(4)式, $z=0$ 时是演化平衡点, 用户选择不支持策略是演化稳定策略。同理可得: y 大于(4)式, $z=1$ 时是演化平衡点用户会倾向于选择支持策略。分析讨论: 随着企业“积极建设”概率加大, 用户选择“支持”策略概率变大。

4 三方演化博弈影响因素分析

储气库建设的三方利益主体均是有限理性的, 地方政府追求社会效益最大化, 注重保障政府自身收益和社会福利, 且政府保护社会福利也是保障政府收益。企业追求经济效益最大化, 用户追求自身利益最大化, 两者都注重自身收益和政府补贴, 且由复制动态方程分析出三方之间是相互影响的。由此, 对地方政府、油气企业、天然气用户的损益变量与策略选择的关系做出分析, 分析出三方的选择趋向均衡策略需要考虑的因素, 使三方博弈下的储气库建设逐渐达到“政府严格监管、企业积极建设、公众支持”的演化稳定状态。

4.1 地方政府策略演化均衡影响因素分析

当(1)式尽可能小, 更容易实现 y 大于(1)式, 政府会更倾向于选择严格监管策略。当政府严格监管成本 C_1 越小, 企业的建设补贴 Q_1 越小, 政府不严格监管预期收益 T_2 越小, 严格监管预期收益 T_1 越大, 政府更容易达到严格监管的演化均衡状态。

4.2 企业策略演化均衡影响因素分析

当(2)式尽可能小, 更易实现 x 大于(2)式, 企业会更倾向于选择积极建设策略。当企业建设成本 C_2 越小, 政府给企业的建设补贴 Q_1 越大, 企业不积极建设的预期收益 E_2 越小, 积极建设预期收益 E_1 越大, 企业不积极建设相应的机会损失为 S 越大, 企业

越倾向于选择积极建设策略。

4.3 用户策略演化均衡影响因素分析

当(3)式尽可能小,更易实现 x 大于(3)式,用户会更倾向于选择支持策略。当用户不支持积极建设的预期收益 I 越小,用气不稳定的潜在损失 S_1 越大,支持积极建设的预期收益 H 越大,政府给予用户的储气费补贴 Q_2 越大,用户越倾向于选择接受策略。

当(4)式尽可能小,更容易实现 y 大于(4)式,用户会倾向于选择支持策略。当用户不支持积极建设的预期收益 I 越小,政府给予用户的储气费补贴 Q_2 越大,支持积极建设的预期收益 H 越大,用气不稳定的潜在损失 S_1 越大,用户越倾向于选择接受策略。

5 结论及三方决策分析

运用演化博弈理论,构建地方政府,油气企业,天然气用户三方演化博弈模型,通过对模型的求解与分析,得出结论:三方的选择达到均衡状态需要考虑的关键因素,分别为政府采取“严格监管”策略要考虑监管成本和企业补贴、企业采取“积极建设”策略要考虑企业建设成本、建设补贴、机会损失、用户采取“支持”策略要潜在损失、储气费补贴。故为促进储气调峰行业快速发展,积极推动地下储气库建设,需要对地方政府,油气企业,天然气用户三者的决策行为进行以下分析。

为提高地方政府监管到位时所产生的社会效益和政绩评价 T_1 ,地方政府应调动管理部门的积极性,提供高效的政务服务,协同解决在储气库建设过程中的难题。强化监督管理能力,组建专业监督队伍,减少政府监管成本 C_1 。政府对能源部门关于储气库建设进行政务考评,使政府充分重视该地区储气库积极建设的重要性,发挥满足储气库建设要求的地区优势;健全奖励体制 Q_1 ,激发企业的积极建设的自主意识,并完善市场信誉机制,对积极履行储气库建设义务的企业给予更大程度的补助。政府规制消极建设企业,以减少企业奖励等方式予以处罚 βQ_1 。政府还应制定投资资助政策,降低企业建设储气库的投资成本 C_2 和投资风险。

企业需加强储气库运营价值损益评价,建立储气库运营损益评价体系,准确评价储气库建设运营带来的价值损益。加强对储气库建设技术的研究攻关,优化现有储气库的运营效率,提高储气库经济效益回报。积极响应地方政府激励政策的号召,推动储气库积极建设,逐步实现商业化发展,从而增强企业自身社会

责任感,提高履行储气调峰义务的社会形象。

长期看来,用户需积极响应政府号召,发挥用户积极参与的作用,尽量选择接受气价上涨,支持企业积极建设储气库的策略,在储气库积极建设过程中起着协调推进作用,促进天然气调峰行业的健康发展,扩大储气市场,为用户稳定用气提供更好的保障。

参考文献:

- [1] 丁国生,魏欢.中国地下储气库建设20年回顾与展望[J].油气储运,2020,39(1):25-31.
- [2] 李海峰,高铭.LNG罐式集装箱调峰和储气能力建设可行性研究——以辽宁省为例[J].石油与天然气化工,2019,48(1):45-51.
- [3] 丁国生,李春,王皆明,等.中国地下储气库现状及技术发展方向[J].天然气工业,2015,35(11):107-112.
- [4] 丁国生.中国地下储气库的需求与挑战[J].天然气工业,2011,31(12):90-93.
- [5] 胡尧,何沙,韩群群,等.天然气储气调峰大数据信息平台构建[J].天然气工业,2020,40(6):157-163.
- [6] 郑得文,张刚雄,魏欢,等.中国天然气调峰保供的策略与建议[J].天然气工业,2018,38(4):153-160.
- [7] 张刚雄,李彬,郑得文,等.中国地下储气库业务面临的挑战及对策建议[J].天然气工业,2017,37(1):153-159.
- [8] 张光华.中石化地下储气库建设现状及发展建议[J].天然气工业,2018,38(8):112-118.
- [9] 陈思源,张奇,王歌,等.基于博弈分析的我国天然气储气库开发策略及运营模式研究[J].石油科学通报,2016,1(1):175-182.
- [10] 胡奥林,何春蕾,史宇峰,等.我国地下储气库价格机制研究[J].天然气工业,2010,30(9):91-96.
- [11] 郭本海,方志耕,刘卿.基于演化博弈的区域高耗能产业退出机制研究[J].中国管理科学,2012,20(4):79-85.
- [12] 范如国.博弈论[M].武汉:武汉大学出版社,2011.

作者简介:

郑娇娇(1995-),女,四川资阳人,硕士生,研究方向:能源经济。

基金项目:

四川省社会科学“十四五”规划2021年度课题“双碳”目标视野下中国能源安全法律保障体系研究(编号:SC21EZZD057)。