

# 农户沼气应用行为决策及政策优化

王火根, 李 娜

(江西农业大学 经管学院, 江西 南昌 330045)

**摘 要:** 制定和完善农村沼气支持政策, 有利于保护农村地区生态资源与优化农村能源结构, 达到促进我国农村生态经济可持续发展的目的。文章通过构建一个涵盖政府对农村沼气的持续补贴及固定补贴、劳动力价格、农村沼气产量等因素在内的地方政府和农户博弈双方的决策函数, 求解出博弈双方的期望收益率和纳什均衡解, 并通过对决策变量的不同赋值, 来模拟博弈双方的行为变化情况。研究表明政府提高持续、固定补贴等经济政策将显著改善农户对沼气的使用情况, 政府加大监管力度的方式, 如宣传、技术支持等措施将间接且有效地提高农户对沼气的使用率。

**关键词:** 农户; 沼气; 决策模型; 博弈均衡

**中图分类号:** S216.4    **文献标志码:** B    **文章编号:** 1000-1166(2017)03-0100-08

Farmers' Response Behavior to Biogas Subsidies and Policy Optimization / WANG Huo-gen, LI Na / ( College of Economics and Management, Jiangxi Agriculture University, 330045)

**Abstract:** Reforming and perfecting the rural biogas subsidy policy can greatly protect rural ecological resources and optimize the structure of rural energy. Based on social welfare maximization perspectives, this paper built a decision model which covered the factors including governmental continuous subsidies and fixed subsidies, price of labour power, and bio-gas productions. The model could provide a solution of Nash equilibrium that both government and farms expected. And the possible behavior changes of both sides were simulated under different subsidies policy. The result showed that increasing the governmental subsidies could significantly improve the usage of household biogas.

**Key words:** farmers; biogas; decision-making model; governmental subsidies policy; game equilibrium

为了改善农村环境污染, 提高农业生态效益, 改善农村能源结构, 实现节能减排的目标, 自上世纪 70 年以来, 我国政府在相继出台一系列政策文件的同时, 加速推进我国农村沼气建设<sup>[1]</sup>。据统计, 中央政府已累计投入 400 多亿元支持发展沼气建设, 其中针对农村用气投资占比高达 73.6%<sup>[2]</sup>, 并专门设立了多项农村沼气建设国家补贴, 如以农村厕所改建、家禽养殖圈、家庭厨房改造为基本项目的补贴<sup>[3]</sup>。截至 2015 年上年度, 包括集中供气的沼气用户, 我国已有沼气用户 6000 万户<sup>[4]</sup>。

在沼气推广及实施应用中存在两个主体, 1 个是实施决策的政府部门, 另 1 个是生产和使用沼气农户, 两者的行为均会对沼气能源的实际应用绩效产生显著影响<sup>[5]</sup>。对农户本身而言, 在农村沼气使用中除了可优化农户生活用能结构, 也可利用沼气发酵后的剩余残留物, 如沼渣、沼液与种植业、养殖

业相结合, 为其提供生产所需的肥料, 从而降低农户对化肥和农药的使用量及成本, 推动我国生态农业与绿色产业的发展<sup>[6]</sup>。因此, 在沼气的普及应用中, 其剩余肥料(沼渣等)也顺势成为了农户经济来源、生态收益的重要组成部分<sup>[7]</sup>。同时, 对当地政府而言, 积极响应中央政策推动当地沼气开发, 有利于减少由人畜粪便和秸秆、垃圾对农村环境造成的污染带来的治理成本与生态资源效益提升, 以云南省会泽县为例, 当地已建成投产的 23797 口沼气池, 以一口年均节约 800 元能源支出来计算, 全年改县在能源支出上将有效节约 1903 万元, 而该县大量建设的沼气池每年可为其节约薪柴使用量 95188 吨, 相当于保护森林 83289.5 亩<sup>[8]</sup>。可见, 其生态与经济效益对该地区而言具有显著作用。

但据众多学者的调查情况看来, 我国农村沼气推广与建设还是存在诸多问题, 如高飞飞<sup>[9]</sup>调查后

收稿日期: 2016-03-22    修回日期: 2016-04-08

作者简介: 王火根(1971-)男, 副教授, 研究方向为农业经济、能源经济, E-mail: whuogeng@163.com

发现由于宣传力度不足,致使农户对政府能源补贴等政策保持观望态度,制约农村能源建设。董照锋<sup>[1]</sup>对陕西省商洛市的沼气建设管理及后续服务情况调查后发现,当地户用沼气废弃率高达14.46%。岳效飞<sup>[1]</sup>发现甘肃省会宁县沼气投产率高,但后期建设不足,导致许多投建沼气成为废水坑。林玮<sup>[2]</sup>等人在甘肃地区调研户用沼气项目中发现,建成户用沼气的正常使用率较低。那么,究竟是什么原因造成了农村户用沼气的低使用率?沼气推广的双主体间究竟存在着怎么的博弈?二者的行为究竟是如何互相影响的?因此,为探讨农村沼气推广及应用行为,笔者将通过博弈论的方式对地方政府与农户决策行为进行分析,查找原因,并完善相应政策。

## 1 研究思路与模型构建

### 1.1 研究思路

为明确博弈双方的投入与产出,笔者将基于社会经济角度分析沼气推广给地方政府带来的费用与收入,从建设成本和使用效益的角度分析农户的分析成本与收益状况,换言之,博弈双方的分析内容是不相同的。

对地方政府而言,其主要成本应涵盖:1) 政府补贴支出,补贴包括两个组成部分,第一部分为固定补贴,即只要政府采取“监管”措施时便会发生的支出,第二部分为持续性补贴,即只有当农户持续使用沼气能源时,政府才会支付的补贴<sup>[13-14]</sup>;2) 政府监管支出,当政府对农户的用气及沼气池建造行为存在各类开支,如项目管理、现场检查交通费用、聘请监管人员薪酬、构造村镇监管网络等各项支出<sup>[17-18]</sup>;3) 各级政府之间的处罚机制<sup>[19-21]</sup>。为强化地方对沼气能源的推广,若地方无沼气使用,仍以薪柴为主要能源消费渠道,上级将对地方采取处罚措施,以限制地方传统能源的使用<sup>[22]</sup>。

政府主要收入应涵盖因为推广沼气能源技术项目所获得的新增资源效益、环境效益、经济效益、社会效益(如就业等),即:1) 社会资源效益,因为现在农户的主要生活能源为薪柴和煤炭,而沼气的大量推广将直接减少薪柴的使用,从而优化农村生活能源结构,减少温室气体的排放<sup>[23-24]</sup>;2) 社会环境效益,因沼气推广所带来的环境外部效应将有效的降

低伐木量,降低温室气体排放,保护森林与大气环境,推动我国生态环境的可持续发展<sup>[25]</sup>;3) 社会效益,沼气池就目前的情况而言,除集中供气外,大部分农村地区都以单个农户家庭为单位进行建造,这将直接降低煤炭、薪柴等能源的消耗量及运输成本,为当地政府缩减开支<sup>[26-28]</sup>;4) 各级政府之间的奖励机制,为鼓励地方对沼气能源的推广,上级对地方政府在一定程度上也可根据地方沼气产气量对其进行奖励,以获取沼气推广的积极效应<sup>[19-21]</sup>。

对农户而言,其主要成本应涵盖:1) 沼气池的建造成本,如水泥、钢材、砖瓦、沙石等材料费用,建造所耗水电费、人工伙食制造费用等<sup>[29-31]</sup>;2) 劳动力成本,沼气池建造时所付出的工人工资、后期维护时相对应的工资等人工费用<sup>[32]</sup>;3) 运行成本,对投产的沼气池所投入的管理维护费用,如沼气投料费用、沼气池维护费用等<sup>[29-31]</sup>。

其主要收入应涵盖:1) 生产沼气所获得的收益,因为沼气不仅可作为自给消费,也可作为薪柴等传统能源的替代品进行商业化出售<sup>[28,33]</sup>;2) 沼气生产所产生肥料的收益,沼气池的最终产物不仅仅是沼气,还有相对应的沼液与沼渣,这些材料均可作为有机肥投入农业生产过程中,因此,沼肥收入应纳入考虑范围<sup>[28,33]</sup>;3) 政府补贴收入,如前文所说,政府为鼓励农户对沼气的应用,将对农户进行补贴,所以,政府补贴收入也是农户的收入之一<sup>[2,13,15]</sup>;4) 传统能源收入,薪柴的获取大多是农户自己砍伐所得,与传统能源相同,这部分能源不仅可自己使用,也可出售给其他消费者,虽然政府不支持薪柴等传统能源的使用,但对农户来说这仍是其收入组成部分<sup>[34]</sup>。

因此,为了量化收益函数<sup>[35]</sup>,结合上面已阐述的政府与农户的成本与收入所涵盖的变量,相关变量的设定见表1。

因此,笔者试图构建一个涵盖劳动力价格 $w$ ,政府持续补贴 $\lambda$ ,政府固定补贴 $B$ 等因素在内的农村沼气应用情况的博弈模型,通过对决策变量的不同赋值,利用博弈模型模拟博弈双方的行为变化,进而分析农户对使用沼气能源及政府监管沼气能源使用的预期收益状况,从而寻找影响博弈均衡的主要因素,促使地方政府与农户在沼气能源的使用中达到博弈均衡,实现双方利益最大化,具体思路如图1所示。

表 1 博弈模型变量设定

| 变量代码       | 含义                              | 变量代码       | 含义                  |
|------------|---------------------------------|------------|---------------------|
| $P_j$      | 沼气的价格                           | $P_e$      | 薪柴的价格               |
| $P_f$      | 沼气池所生产肥料价格                      | $Q_1$      | 沼气生产量               |
| $Q_2$      | 薪柴生产量                           | $L_1$      | 沼气生产所对应劳动力数量        |
| $L_2$      | 薪柴生产所对应劳动力数量                    | $\rho$     | 每一单位产量沼气中所生产沼气肥料的比例 |
| $w$        | 劳动力价格                           | $C_s$      | 设备前期的建设成本           |
| $\lambda$  | 地方政府提供的持续补贴系数                   | $C_w$      | 设备后期的维护成本           |
| $B$        | 地方政府提供的固定补贴                     | $C_g$      | 政府监管时的监管成本          |
| $\gamma_1$ | 上级对地方政府的奖励系数                    | $\gamma_2$ | 上级对地方政府的处罚系数        |
| $p$        | 地方政府实施监管的概率                     | $q$        | 农户使用沼气的概率           |
| $U$        | 地方政府监管带来的资源、环境和经济效益，如节煤、减伐效应的提高 |            |                     |

注: 1) 只要农户使用沼气, 上级则根据沼气的使用量对地方政府提供奖励; 2) 只要农户不使用沼气, 上级则根据薪柴的使用量对地方政府进行处罚; 3) 只要政府监管, 农户便会建造沼气池, 并因此获得地方政府的固定补贴; (4) 此处将地方政府收益中的资源、环境、经济效益合并为  $U$  来代表。

## 1.2 农户与政府决策模型构建

根据图 1, 在不失一般性和现实性的条件下, 为简化分析, 做如下基本假设。

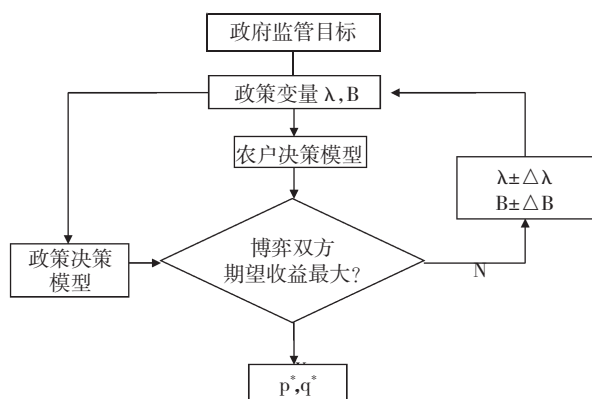


图 1 研究思路

假设 I: 农户都是有限理性经济人, 自由决策个体, 其生产和消费决策行为在一定约束条件下追求收益最大化, 在政府大力推广沼气技术时, 农户可能根据自身特性和所处外界环境有两种策略可供选择, 即“使用”和“不使用”;

假设 II: 政府所作决策是基于综合考虑经济、社会和生态环境而采取的, 在效用最大的情况下, 政府会考虑经济效用和生态效用的最优组合。在农村大力宣传、推广沼气技术过程时, 有“监管策略”和“不监管策略”两种形式;

假设 III: 假设双方都具有完全信息, 即双方各自所选行动的不同组合及其所决定的收益对双方来说是共同知识, 双方对自己与对方的行动以及双方选择的行动组合 (战略空间) 产生的收益 (收益函数

) 完全了解;

假设 IV: 收益函数: 当所有的参与人采取的策略确定以后, 他们各自就会得到相应的收益。其收益函数表示参与人从博弈中获得的效用水平, 它是所有参与人策略的函数。

同时, 也应注意此假设可能带来如下偏差: 1) 排除农户的非逐利行为, 仅将农户行为定义为经济最大化表现; 2) 完全化市场信息排除政府与农户信息不对称问题, 简化市场信息传递阻碍; 3) 将所有决策参与人情况统一化, 排除个体异质性。

笔者采用农户和政府的净收益情况来代表其在清洁能源技术推广应用中所获得的效用<sup>[6]</sup>。基于博弈模型变量的假定, 从政府的角度出发, 该模型各参与者的收益情况如下所示。

### 1.2.1 若政府采取“监管”策略

#### 1.2.1.1 农户有 $q$ 的概率使用沼气

对农户而言, 因为生产沼气所获得的经济收益包括沼气本身的收益  $P_j Q_1$ , 当地政府对农户出产沼气的持续补贴  $\lambda P_j Q_1$ , 沼气能源使用后所留下的肥料收益  $\rho P_f Q_1$ , 当地政府对农户修建沼气池的一次性固定补贴  $B$ ; 因为生产沼气所付出的经济成本包括建设沼气生产设备所付出的成本  $C_s$ , 后期对沼气池的维护成本  $C_w$ , 生产沼气所付出的劳动力成本  $L_1 w$ , 所以农户使用沼气所获得的收益函数为:

$$U_{11} = (1 + \lambda) P_j Q_1 + \rho P_f Q_1 + (B - C_s - C_w) - L_1 w \quad (1)$$

对地方政府而言, 如果农户使用沼气, 政府也监管, 那么, 地方政府的收益为上级的奖励  $\gamma_1 P_j Q_1$ 、地

方政府因为监管所带来的经济与资源效益  $U(Q_1)$ ；地方政府的成本为奖励给农户的持续补贴  $\lambda P_j Q_1$ ，当地政府对农户修建沼气池的一次性固定补贴  $B$ ，地方政府因为监管所付出的监管成本  $C_g$ ，所以政府在农户使用沼气时的收益函数为：

$$U_{12} = (\gamma_1 - \lambda) P_j Q_1 + U(Q_1) - C_g - B \quad (2)$$

#### 1.2.1.2 农户也有 $1 - q$ 的概率不使用沼气

对农户而言，不使用沼气等清洁能源则会使用薪柴等传统能源获取所需的能源，但又由于政府的监管，所以无论农户是否会持续使用沼气，均会完成沼气池的建造，而政府也会为此付出固定补贴。因此，农户若不使用沼气的收益为：农户生产薪柴所获得的经济收益  $P_c Q_2$ ，当地政府对农户修建沼气池的一次性固定补贴  $B$ ，所付出的成本为：生产薪柴所付出的劳动力成本  $L_2 w$ ，建设沼气生产设备所付出的成本  $C_s$ ，因此在政府监管的前提下，农户不是用沼气时的收益函数为：

$$U_{13} = P_c Q_2 - L_2 w + B - C_s \quad (3)$$

对地方政府而言，因为农户不使用沼气，所以地方政府的监管不会带来经济与资源效益，并且地方政府必然因此受到上级的处罚  $\gamma_2 P_c Q_2$ ，则地方政府会因为监管而付出固定补贴  $B$  来督促农户完成沼气池建设，以及地方政府因为监管所付出的监管成本  $C_g$ ，所以在农户不使用沼气，但政府又实施监管时，地方政府的收益函数为：

$$U_{14} = -\gamma_2 P_c Q_2 - B - C_g \quad (4)$$

#### 1.2.2 若政府采取“不监管”策略

##### 1.2.2.1 农户有 $q$ 的概率使用沼气

对农户而言，在没有政府监管的前提下使用沼气，农户的收益包括生产沼气所获得的经济收益包括沼气本身的收益  $P_j Q_1$ ，沼气能源使用后所留下的肥料收益  $\rho P_j Q_1$ ，而建设沼气生产设备的成本  $C_s$ ，后期对沼气池的维护成本  $C_w$ ，所付出的劳动力成本  $L_1 w$  则为农户所需付出的经济成本，因此，此时农户的收益函数为：

$$U_{21} = P_j Q_1 + \rho P_j Q_1 - C_s - C_w - L_1 w \quad (5)$$

对地方政府言，在当地政府完全不监管的状态下，因为农户在使用沼气，所以上级因此对当地政府给予一定奖励，因此地方政府的收益函数为：

$$U_{22} = \gamma_1 P_j Q_1 \quad (6)$$

##### 1.2.2.2 农户也有 $1 - q$ 的概率不使用沼气

对农户而言，在当地政府不监管的情况下，他们使用传统能源不会受到地方政府行为任何影响的，因此其收益函数分仅包括因为农户生产薪柴所获得的经济收益  $P_c Q_2$  与所付出的劳动力成本  $L_2 w$  的差值，所以农户的收益函数为：

$$U_{23} = P_c Q_2 - L_2 w \quad (7)$$

对地方政府而言，因为农户不使用沼气并且政府也不作为，所以必然受到上级的处罚，即收益函数为：

$$U_{24} = -\gamma_2 P_c Q_2 \quad (8)$$

综上所述，博弈双方参与者的收益函数如表 2 所示。

表 2 博弈参与者的收益函数表

| 政府             | 农户                                                                                                                |                                                            |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                | 使用( $q$ )                                                                                                         | 不使用( $1 - q$ )                                             |
| 监管( $p$ )      | $[1 + \lambda] P_j Q_1 + \rho P_j Q_1 + (B - C_s - C_w) - L_1 w, (\gamma_1 - \lambda) P_j Q_1 + U(Q_1) - C_g - B$ | $(P_c Q_2 - L_2 w + B - C_s, -\gamma_2 P_c Q_2 - B - C_g)$ |
| 不监管( $1 - p$ ) | $(P_j Q_1 + \rho P_j Q_1 - C_s - C_w - L_1 w, \gamma_1 P_j Q_1)$                                                  | $(P_c Q_2 - L_2 w, -\gamma_2 P_c Q_2)$                     |

#### 1.3 完全静态信息博弈模型

完全信息静态博弈是博弈双方根据自己策略集合以及对收益函数有完全的了解，同时决策且博弈只进行一次。前面已经假设  $p$  地方政府选择纯策略“监

管”的概率， $q$  为农户选择纯策略“使用沼气能源”的概率，则通过博弈参与者的收益函数表，可以得到。

##### 1.3.1 地方政府的期望收益函数

地方政府的期望收益函数为公式(9)。

$$E_{\text{政府}}(p, q) = p \{ q [(\gamma_1 - \lambda) P_j Q_1 + U(Q_1) - C_g - B] + (1 - q) [-\gamma_2 P_c Q_2 - B - C_g] \} + (1 - p) [q \gamma_1 P_j Q_1 + (1 - q) (-\gamma_2 P_c Q_2)] = p \{ \gamma_1 P_j Q_1 q - \lambda P_j Q_1 q + U(Q_1) q - C_g q - B q - \gamma_2 P_c Q_2 - B - C_g + \gamma_2 P_c Q_2 q + B q + C_g q \} + (1 - p) \{ \gamma_1 P_j Q_1 q - \gamma_2 P_c Q_2 + \gamma_2 P_c Q_2 q \} = [U(Q_1) - \lambda P_j Q_1] p q + (\gamma_1 P_j Q_1 - \gamma_2 P_c Q_2) q - (B + C_g) p - \gamma_2 P_c Q_2 \quad (9)$$

其最优化的一阶必要条件为:

$$\frac{\partial E_{\text{政府}}}{\partial p} = [U(Q_1) - \lambda P_j Q_1] q - (B + C_g) = 0 \quad (10)$$

所以,农户最优的采用概率为:

$$E_{\text{农户}}(p, q) = p \{ q [1 + \lambda] P_j Q_1 + \rho P_f Q_1 + B - C_s - C_w - L_1 w \} + (1 - q) \{ P_c Q_2 - L_2 w + B - C_s \} + (1 - p) [P_j Q_1 + \rho P_f Q_1 - C_s - C_w - L_1 w] + (1 - q) \{ P_c Q_2 - L_2 w \} = p [P_j Q_1 q + \lambda P_j Q_1 q + \rho P_f Q_1 q + B q - C_s q - C_w q - L_1 w q + P_c Q_2 - L_2 w + B - C_s - P_c Q_2 q + L_2 w q - B q + C_s q] + (1 - p) [P_j Q_1 q + \rho P_f Q_1 q - C_s q - C_w q - L_1 (Q_1) w q + P_c Q_2 - L_2 (Q_2) w - P_c Q_2 q + L_2 (Q_2) w q] = (\lambda P_j Q_1 + C_s) q p + (P_j Q_1 + \rho P_f Q_1 + L_2 w - P_c Q_2 - L_1 w - C_s - C_w) q + (B - C_s) p + P_c Q_2 - L_2 w \quad (12)$$

其最优化的一阶必要条件为:

$$\frac{\partial E_{\text{农户}}}{\partial q} = (\lambda P_j Q_1 + C_s) p q + P_j Q_1 + \rho P_f Q_1 + L_2 w - P_c Q_2 - L_1 w - C_s - C_w = 0 \quad (13)$$

$$(p^*, q^*) = \left( \frac{(P_c Q_2 + L_1 w + C_s + C_w) - (P_j Q_1 + \rho P_f Q_1 + L_2 w)}{\lambda P_j Q_1 + C_s}, \frac{B + C_g}{U(Q_1) - \lambda P_j Q_1} \right) \quad (15)$$

从地方政府与农户的博弈矩阵结果可以看出,政府和农户的选择主要取决于:沼气价格  $P_j$ ,薪柴价格  $P_c$ ,沼气池所生产肥料价格  $P_f$ ,沼气生产量  $Q_1$ ,薪柴生产量  $Q_2$ ,沼气生产所对应劳动力数量  $L_1$ ,薪柴生产所对应劳动力数量  $L_2$ ,每一单位产量沼气中所生产肥料  $\rho$ ,劳动力价格  $w$ ,设备前期的建设成本  $C_s$ ,设备后期的维护成本  $C_w$ ,地方政府提供的持续补贴系数  $\lambda$ ,地方政府提供的固定补贴  $B$ ,地方政府的监管成本  $C_g$ ,地方政府监管所带来的经济、社会与资源效益  $U(Q_1)$  有关,而与上级对地方政府的奖励系数  $\gamma_1$ ,上级对地方政府的处罚系数  $\gamma_2$  无关。

当沼气价格  $P_j$ 、沼气池所生产肥料价格  $P_f$ ,每一单位产量沼气中所生产肥料  $\rho$ ,沼气生产量  $Q_1$ ,地方政府提供的持续补贴系数  $\lambda$ ,生产薪柴所付出的劳动力成本  $L_2 w$  越大时,政府选择监督的概率越小,也就是说,如果政府推广的沼气能源技术对农户实用,能给农户带来较为直接的经济利益以降低农户对新能源的使用成本,农户会自觉采用新技术进行利用,换言之,政府在这样的条件下则可以通过增加对农户的持续补贴或依托沼气本身给农户带来的经济利益来推动农户对清洁能源的使用,即沼气池中所生产的沼气与肥料将成为促进农户加大沼气生产使用率的关键因素之一,设备前期的建设成本  $C_s$ ,设备后期的维护成本  $C_w$ ,生产沼气所付出的劳动力成本  $L_1 w$ ,薪柴价格  $P_c$ ,薪柴生产量  $Q_2$  的数值越大时,政府选择监督的概率也越大,表明前期设备投入和后期的劳动力付出以及薪柴能源的使用成本都是影响政府政策执行效率的关键因素,政府在推

### 1.3.2 农户的期望收益函数

农户的期望收益函数为公式(12)。

所以,地方政府最优的监督概率为:

$$p^* = \frac{(P_c Q_2 + L_1 w + C_s + C_w) - (P_j Q_1 + \rho P_f Q_1 + L_2 w)}{\lambda P_j Q_1 + C_s} \quad (14)$$

从而得纳什均衡点为:

广新技术时,一定要优先考虑降低农户对沼气能源设备的购买成本,也就是在加大补贴力度,同时增进后续的技术服务支持,使农户在沼气能源上的使用成本低于薪柴。此外,如果政府能对农户在使用沼气能源时遇到的各种技术问题给予及时的解决,将有效提高农户对沼气能源技术的利用率。

如果地方政府因农户使用沼气而产生的监管成本  $C_g$  及提供的固定补贴  $B$ 、地方政府提供的持续补贴系数  $\lambda$  非常大,则农户选择应用沼气的可能将十分高,说明经济问题在当前对农户来说还是一种非常显著的制约因素,补贴政策在当前对农户来说还是一种比较有效的提高沼气应用的措施,同时政府的监管也可在一定程度上对农户的能源结构进行优化。

笔者认为,从政府层面上讲,对农户补贴的合理度以及监督检查中的执行成本,主要取决于政府获取信息的能力,完备的信息获取使政府不仅能制定合理的政策规则,也能引导企业资金流向更好地流向沼气能源技术产品的开发和推广,促进农户更好地应用沼气能源技术。同时,完备的信息一方面能加强对农户的环境约束,另一方面也能使农户灵活运用各种环境信息提高资源的利用效率和利用水平。

因为此时假设市场信息是完备的,农户使用沼气技术时得到的收益将远远大于使用传统能源时的收益,且政府能准确掌握农户的实际使用状况,农户也完全相信政府的检查能力及相应的惩罚或奖励措施,则此时将得到纳什均衡,即农户在使用沼气技术

的同时,不仅自己生活环境得到了改善,更重要的使用沼气技术大大减少废水、废物及废气的排放量,而政府又无须花费一定的人力和物力对环境进行整治和检查。应该说,这是二者博弈中最完美的均衡,对于农户和社会而言都是非常有利的。但同时,我们需知道,在实际生活中,信息并不是完全流通的,要实现政府与农户在沼气技术推广博弈中的最优均衡,还需要设计出一套制度,这套制度能通过改变环境信息不对称的状况,在增强政府信息获取能力的同时,加强对沼气能源产品的宣传力度,提高农户对环境保护意识,使低碳经济发展方式由外部压力转化为农户自身的内在行动。

## 2 数据模拟

通过上述分析可得到地方政府和农户的最优期望收益,但公式中均包含了许多未知参数。因此,为进一步解释模型内涵,分析在不同情景下影响地方政府与农户收益情况的原因,笔者将针对收益率公式进行数值模拟与敏感性分析。

为方便数值模拟,根据表 1 所需变量,此处为各变量赋值如表 3 所示,并作以下几点假设: 1) 因为

表 3 数值模拟基本数据赋值及来源

| 变量代码       | 赋值                | 单位                 | 数据来源          | 变量代码       | 赋值   | 单位                              | 数据来源               |
|------------|-------------------|--------------------|---------------|------------|------|---------------------------------|--------------------|
| $P_j$      | 3.2               | 元·m <sup>-3</sup>  | 江西人民政府网       | $P_e$      | 0.39 | 元·kg                            | 阿里巴巴采购网            |
| $P_f$      | 0.75              | 元·kg <sup>-1</sup> | 阿里巴巴采购网       | $Q_1$      | 6.4  | m <sup>3</sup> ·日 <sup>-1</sup> | 中荷 CDM 合同          |
| $Q_2$      | 0.52              | kg·人 <sup>-1</sup> | 程胜 2009       | $L_1$      | 2    | 时·人 <sup>-1</sup>               | 预估                 |
| $L_2$      | 2.5               | 时·人 <sup>-1</sup>  | 预估            | $\rho$     | 2.67 | %                               | 《中国资源综合利用年度报告》     |
| $w$        | 17                | 元·小时 <sup>-1</sup> | 人民网           | $C_s$      | 3.56 | 元·座 <sup>-1</sup>               | 王冰云 <sup>[8]</sup> |
| $\lambda$  | 2                 | —                  | 预估            | $C_w$      | 30   | 元·日 <sup>-1</sup>               | 预估                 |
| $B$        | 3.56              | 元·户 <sup>-1</sup>  | 预估            | $C_g$      | 40   | 元·日 <sup>-1</sup>               | 预估                 |
| $\gamma_1$ | 1.5               | —                  | 预估            | $\gamma_2$ | 3    | —                               | 预估                 |
| $U(Q_1)$   | (37.53+100) $Q_1$ | —                  | 中国荷兰 CDM 项目合同 | —          | —    | —                               | —                  |

根据表 3 所示数值,代入公式(11)和公式(14)中可得地方政府“监管”沼气使用与农户“使用”沼

沼气的低市场化导致其价格难以界定,所以,此处以江西省居民用天然气均价代替沼气的价格  $P_j$ ,以江西省居民用天然气均量代替沼气的生产量  $Q_1$ ; 2) 中国政府与荷兰政府就中国第一个 CDM 项目签署合同,合同规定 CERs 的支付价格定为每吨 5.4 欧元,按照 2015 年 12 月 4 日汇率计算约每吨 37.53 元; 3) 考虑到政府目标是实现社会福利最大化,为便于模型的计算和模拟,假设农户在每单位沼气的使用能在能源运输、道路维护、生态保护、环境优化等途径及因环境改善给地方带来旅游效益等附加条件上给地方政府每日约增加约 100 元的经济及社会效益; 4) 假设上级及当地政府为督促农户使用沼气,所以对地方的处罚力度略大于对其奖励的力度,促进沼气在农村地区的推广; 5) 假设沼气池为 8 m<sup>3</sup> 的沼气池,按照每立方产气 0.8 方计算,产气量约为 6.4 m<sup>3</sup>; 6) 假设生产薪柴与沼气能源均每日只需 1 名人工; 7) 假设生产薪柴比沼气能源每日多耗时 0.5 小时; 8) 为使得计算结果合理化,本文全部采用单位产气量、每日所耗费用作为计算数据,同时,每座沼气池的建设费用及一次性固定补贴均假设为 1 年以 1300 元,以 365 天设定为全年天数,每天约 3.56 元。

气的纳什均衡概率:

$$p^* = \frac{(0.39 \times 0.52 + 2 \times 17 + 3.56 + 30) - (3.2 \times 6.4 - 0.0267 \times 0.75 \times 6.4 - 2.5 \times 17)}{2 \times 3.2 \times 6.4 + 3.56} = 0.105 \quad (16)$$

$$q^* = \frac{3.56 + 40}{37.53 + 100 - 2 \times 3.2 \times 6.4} = 0.451 \quad (17)$$

根据计算结果可知,在该假设数据下地方政府与农户的纳什均衡但并不显著大,因此,为进一步验证前文所分析的“经济因素”及“沼气产量的变

化”是否会对地方政府及农户的整体收益率产生显著影响,此处,将“地方政府提供的持续补贴系数  $\lambda$ , 地方政府提供的固定补贴  $B$ , 劳动力价格  $w$ , 沼气生产量  $Q_1$ ”4 个变量作为敏感性变量,分别测算该变量值发生变化时,地方政府和农户的“纳什均衡”的



变化情况。

假设地方政府提供的持续补贴系数  $\lambda$  的变化范围从 0 ~ 6 发生变化时, 地方政府及农户的纳什均衡变化情况如图 2 所示。

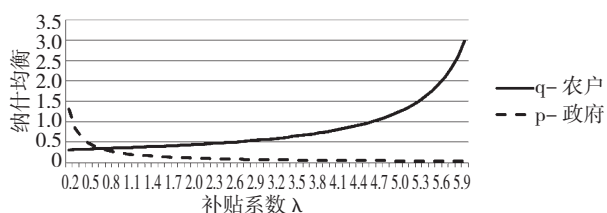


图2 地方政府持续补贴变化的敏感性分析

根据图 2 折线图结果可知, 当持续补贴系数  $\lambda$  持续增大时, 农户会逐渐提高其沼气使用概率, 并且当  $\lambda$  增大到一定程度时, 农户将以边际效率递增的状态提升其沼气使用率, 说明对于农户而言持续补贴将直接影响其经济收益, 同时当持续补贴  $\lambda$  持续增加时, 政府的纳什均衡概率间逐渐下降, 直至地方政府将不再加大补助, 说明地方政府会为促进地方沼气使用率而提高经济补贴, 但该补贴应在适度范围内, 过高的补贴成本将影响地方政府监管概率。

假设地方政府提供的每日固定补贴  $B$  的变化范围从每座 0 元开始至每座 10 元发生变化时, 地方政府及农户的纳什均衡变化情况如图 3 所示。

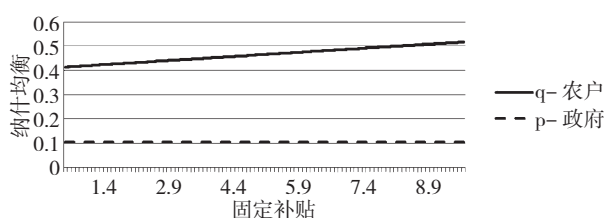


图3 地方政府提供的固定补贴变化的敏感性分析

根据图 3 折线图结果可知, 随着地方政府提供的固定补贴  $B$  持续递增时, 会逐渐提高农户对沼气的使用概率, 但其概率增量低于持续补贴  $\lambda$ , 说明经济补助对于农户存在一定激励作用, 但固定补贴发放持续性影响力较弱。同时, 从图 3 中可明显发现政府的监管概率并未发生变化, 因为固定补贴对地方政府而言是一次性补贴, 而农户沼气池的建成投产是一个长久性活动, 将补贴金额分配到每年, 甚至更长的时间后该笔支出对地方政府的财政影响性就非常小, 所以, 说明地方政府给予农户固定补贴的变化对农户是否使用沼气影响较小、对地方政府是否实行监管政策不存在显著影响, 这也说明了为什么很多地方沼气池废弃率高的原因。

假设劳动力价格  $w$  的变化范围从每小时 0 元开始至每小时 150 元发生变化时, 地方政府及农户的纳什均衡变化情况如图 4 所示。

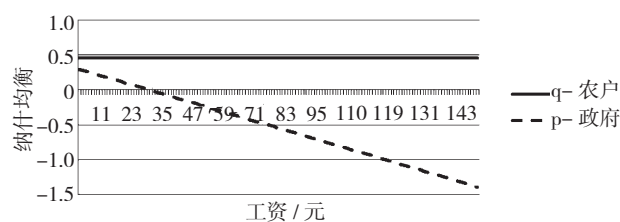


图4 劳动力价格变化的敏感性分析

根据图 4 折线图结果可知, 当劳动力价格上升时, 农户的使用概率几乎无变化, 但政府的监管概率显著下降, 这是因为当劳动工资上升时, 农户将更倾向于外出打工以获得更多的就业机会来提高其收益, 这也就从无形中提高了农户对薪柴等传统能源的使用成本, 间接提高了农户对于沼气等清洁能源的使用率, 所以, 农户主动使用沼气能源的概率不会变化, 变化的是主动降低对传统能源的使用概率, 同时也说明工资水平的提高对地方政府及农户的沼气使用状况具有影响力。

假设农户沼气生产量  $Q_1$  的变化范围从每人每天  $0 \text{ m}^3$  开始至每人每天  $20 \text{ m}^3$  发生变化时, 地方政府及农户的纳什均衡变化情况如图 5 所示。

根据图 5 折线图结果可知, 随着沼气生产量  $Q_1$  的增加, 农户对沼气的使用概率也必然增加, 或者说因为农户增加对沼气的使用概率, 所以沼气产量也

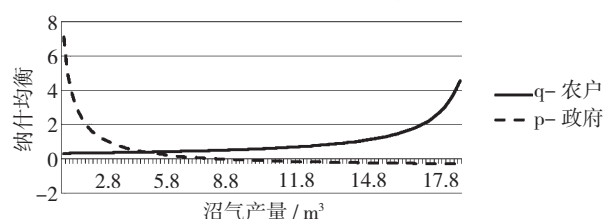


图5 地方政府对罚款因素变化的敏感性分析

必然增加, 同时因为农户自觉使用沼气的概率越来越大, 对地方政府而言, 随着这种自觉性的递增, 其监管概率便会逐步下降, 说明沼气生产量对地方政府的影响是具有反向关系的。

### 3 政策建议

#### 3.1 从内部入手, 增加地方政府补贴, 提高博弈双方收益函数

仅从成本角度考虑, 沼气在投产及使用过程中的成本涵盖前期建设成本、后期维护成本以及原材

料收集等多重成本,而通过前文分析又可知,经济问题和劳动力成本问题是制约农户对沼气能源使用的主要问题之一,这就要求政府在推广农村沼气使用时优先考虑农户的建设成本、使用成本、维护成本等方面因素,加大对农户的后期补贴力度,提高补贴标准,以达到普及沼气池建设的目标。在补贴政策中,应将补贴分为两类:第一类为固定补贴,旨在通过对农户的一次性补贴提高农户对沼气池的建设积极性;第二类为持续补贴,旨在通过长期经济扶持稳步提升我国农户对沼气能源的使用率。

### 3.2 从内部入手,建设科研团队,为农户提供技术支持与培训

许多户用沼气池被闲置甚至荒废都是因为农户在应用中缺乏技术知识,自己无法独立做到后期维护及管理,因此当地政府在沼气推广过程中可定期组织农户参与培训,通过培训让农户掌握秸秆气化技术、沼气池建造和实用技术、农村畜禽粪便和生活污水处理技术等,让农户更多的掌握沼气应用的相关知识,帮助农户及时解决其使用过程中的问题。当然,仅仅依托农户自身所处理的问题是有限,在农村沼气推广过程中,如何将已发现的沼气生产及使用过程中的技术资源,从理论层面过度到实际运用中,已成为亟需解决的问题,因此,在沼气能源等新能源的推广中,当地政府需要建立专门的技术团队来帮助农户降低其维护成本,减少由于故障等原因而导致的户用沼气流失比例。

### 3.3 从外部入手,提升宣传力度,完善博弈双方信息传达机制

由前文可知,提高当地政府监管力度可促进农户对沼气的使用概率,在政府监管中,政策推广也是其中的重要组成部分,但由于农村地区信息收集不对称,有时无法做到信息的完全性,使得农村沼气能源技术应用效果不佳,因此,当地政府必须加大宣传力度,一点带面,利用教育和各种信息手段,如通过各类知识讲座、村干部走访座谈、电视公益广告、农村墙体广告、典型农户示范推广等方式让农户真正接受与认可沼气能源的重要性,从客观角度让农户了解可从沼气能源使用中获取的实际效益,从主观性角度综合提升农户自身知识素养和环保意识,从价值观上增强农户对沼气能源产品的使用意向,以此带动更多的农户使用沼气能源。

### 3.4 从路径入手,改善博弈宏观环境,优化农村能源结构

影响农户对沼气能源使用的重要原因之一经济条件,除了前文所提到的政府补贴方式外,若当地政府可从外部优化宏观环境,通过提供给农户更多就业机会的间接方式,来增加农户对传统能源的使用成本,如通过禁止森林砍伐、对煤炭使用限量、管制秸秆燃烧等政策要求来降低农户对传统能源的使用可能性,以达到新农村生态环境建设要求,促进农村能源转型。同时,政府还可以通过把户用沼气改造为中小型,甚至是大型沼气池的方式,将家庭产气变更为集中供气,以降低农户对沼气池的修建与维护成本,通过以原材料换气换肥料的方式,降低农户对沼气的使用成本,从而进一步推动农村沼气能源农大发展。

当然,沼气能源的推广问题绝不仅仅是各级政府的事情,还需要社会各界人士的积极参与,只有政府、农户、企业等多方面主体共同努力,才能真正意义上推动我国沼气能源建设,推动我国社会主义生态文明发展,推动世界环境保护的进程。

### 参考文献:

- [1] 陈慧敏. 农村沼气发展的政策研究 [J]. 长沙: 中南大学, 2009.
- [2] 仇焕广, 蔡亚庆, 白军飞, 孙顶强. 我国农村户用沼气补贴政策的实施效果研究 [J]. 农业经济问题, 2013, 02: 85 - 92, 112.
- [3] 彭新宇. 农业绿色补贴政策效率的实证研究——以沼气池建造补贴为例 [J]. 求索, 2009, 08: 34 - 35.
- [4] 农业部. 全国农村沼气工程建设规划(2006 - 2010 年) [R/OI]. <http://www.docin.com/p-60948068.html>, 2007 - 03 - 01.
- [5] 王家庆. 农村沼气能源开发利用中各利益主体行为研究 [J]. 南昌: 南昌大学, 2014.
- [6] 王艳. 农村沼气建设的现状及对策 [J]. 河南农业, 2007, 18: 22.
- [7] 葛振, 魏源送, 刘建伟, 赵玉柱. 沼渣特性及其资源化利用探究 [J]. 中国沼气, 2014, 03: 74 - 82.
- [8] 赵琼仙. 发展农村沼气 营造绿色生态家园 [J]. 中国林业, 2006, 19: 40.
- [9] 高飞. 论农村新能源建设 [C] // 中国法学会环境资源法学研究会、昆明理工大学. 生态文明与环境资源法 - 2009 年全国环境资源法学研讨会(年会)论文集, 2009: 3.
- [10] 董照锋. 农村沼气建设问题研究 [J]. 陕西农业科学, 2012, 06: 231 - 234.
- [11] 岳效飞. 农村沼气使用情况调查报告 [J]. 科技资讯,



- 2013, 27: 116 - 117.
- [2] 网易新闻. “沼气大跃进”反思: 10 年投千亿, 遭不同程度弃用. <http://news.163.com/14/1225117/AEAVL-VOD00014SEH.html/?f=jsearch>, 2014 - 12 - 25.
  - [3] 彭新宇. 基于补贴视角的农村户用沼气池成本效益评价: 以湘潭市新月村为例 [J]. 环境科学与管理, 2009, 11: 154 - 157.
  - [4] 李莉莉. 江苏省农村户用沼气物业化管理模式研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
  - [5] 彭新宇. 畜禽养殖污染防治的沼气技术采纳行为及绿色补贴政策研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
  - [6] 李万智. 抓好民心工程推进江川沼气化县建设 [J]. 云南农业, 2002, 05: 19.
  - [7] 熊意凤. 三明市农村生态文明建设政府管理机制创新研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
  - [8] 刘飞翔. 生物质能产业发展中政府规制与激励 [D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
  - [9] 盐亭加快农村沼气建设 [N]. 绵阳日报, 2012 - 08 - 17.
  - [10] 上油岗乡人民政府. 上油岗乡人民政府关于加快沼气建设的通知 [Z]. 2011 - 07 - 25.
  - [11] 三穗政府官网. 良上乡“四项措施”使沼气建设显成效 [R/OL]. <http://www.gzss.gov.cn/info/20065/221308.htm>, 2016 - 03 - 23.
  - [12] 网易新闻. 村民上山砍柴村干部连带受罚 [R/OL]. <http://news.163.com/11/0818/09/7BNRAUIN00014AED.html>, 2011 - 08 - 18.
  - [13] 程胜. 中国农村能源消费及能源政策研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
  - [14] 徐晓刚. 我国农村生活能源消费分析 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
  - [15] 杨武英, 周正康. 沼气推广在临翔区新农村建设中的意义 [J]. 云南农业科技, 2012, S1: 139 - 140.
  - [16] 宋海军. 沼气建设对促进农村经济发展效益分析 [J]. 环境科学与技术, 2012, 08: 93 - 96, 128.
  - [17] 杨敏. 四川农村沼气池建设投资的经济效益研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
  - [18] 郝先荣, 沈丰菊. 户用沼气池综合效益评价方法 [J]. 可再生能源, 2006, 02: 4 - 6.
  - [19] 朱建华, 王正宽, 王效华. 沼气池建设成本效益评价方法的讨论 [J]. 农村能源, 1998, 03: 16 - 18.
  - [20] 朱建华, 王正宽, 王效华. 农户沼气池建设成本效益评价方法的讨论 [J]. 中国沼气, 1998, 03: 45 - 47.
  - [21] 王正宽, 吴争鸣. 沼气池建设成本效益评价方法的讨论 [J]. 能源研究与利用, 1999, 04: 48 - 49.
  - [22] 姜长云. 我国生物质能源产业服务体系建设探析 [J]. 中国科技投资, 2011, 06: 23 - 26.
  - [23] 李萍. 农村户用沼气池建设的能源、经济、环境效益研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
  - [24] 北京艾凯德特咨询有限公司. 2015 - 2020 中国薪柴行业分析及市场深度的调查报告 [Z]. 2015.
  - [25] 陈恺. 能源约束下江苏省经济增长理论与实证研究 [D]. 南京: 南京财经大学, 2011.
  - [26] 燕波. 组织设计中的控制权配置研究 [D]. 广州: 暨南大学, 2009.
  - [27] 王冰云. 农村沼气问题研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2007.
  - [28] 方行明, 屈锋, 尹勇. 新农村建设中的农村能源问题—四川省农村沼气建设的启示 [J]. 中国农村经济, 2006, 09: 56 - 62.
  - [29] 周露茜, 黄建强. 农村沼气建设存在的问题及对策—以湖南省隆回县为例 [J]. 现代农业科技, 2012, 06: 272 - 274.
  - [30] 朱立志, 叶晗. 农村沼气工程的减排效应和成本效益分析 [J] // 中国可持续发展研究会, 2012 中国可持续发展论坛 2012 年专刊(一), 2013: 4.