

薛朝改,王新风. 公平偏好对秸秆发电供应链决策的影响分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):307-312.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.074

公平偏好对秸秆发电供应链决策的影响分析

薛朝改,王新风

(郑州大学管理工程学院,河南郑州 450001)

摘要:针对“农户—中间商—电厂”三级秸秆发电供应链中原材料供应不足的问题,首次从公平偏好的视角对秸秆发电供应链的决策问题进行研究。首先,建立公平偏好下的利润函数模型,通过建模分析,探究了分散决策和集中决策下,公平偏好系数对农户秸秆供应量、中间商收购价格以及电厂收购价格的影响规律。研究表明,仅中间商具有公平偏好心理时,最不利于各主体间的合作,而农户和中间商的公平偏好心理相互制约,利于合作关系的稳定。最后以某地区秸秆发电为例,得出了不同情形下各主体和供应链整体的收益变化趋势,并提出了维持秸秆发电供应链持续运作的若干建议。

关键词:秸秆发电;公平偏好;“电厂—中间商—农户”;逆序决策

中图分类号: TM73;S216.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)10-0307-06

近年来,能源短缺日益成为制约国民经济发展的的重要因素,以秸秆发电为代表的生物质能源技术快速发展并得到各地重视,众多发电企业纷纷成立。秸秆发电具有风险低、经济效益好、不易受气候等因素影响的优点。我国的各种农作物年产秸秆 6 亿多 t,其中可以用来转化成能源的 4 亿多 t,秸秆资源十分富足^[1]。但是相关数据显示,我国秸秆燃烧发电量仅占全国秸秆资源总量的四分之一。在具体实践中,秸秆发电项目总体发展状况并不理想,不少地区开展的秸秆发电项目处于微盈利甚至连年亏损的状态,秸秆发电供应链也表现出较强的不稳定性。研究发现,原材料供不应求影响秸秆发电厂盈利的重要因素之一^[2]。以江苏省盐城市为例,其秸秆资源丰富,但多达 80% 秸秆被搁置田间,焚烧或直接丢弃,整体秸秆利用率较低。

我国秸秆资源充足,在供应链实际运作中却是供不应求,主要受到主观因素和客观因素的影响。主观因素表现在原材料生产本身具有季节性,以及原材料分散和运输存储的限制;客观因素表现在农户和中间商认为自己没有获得期望的收益,不愿意提供秸秆,即公平偏好心理。秸秆收购价格不足以激发农户收集秸秆的积极性,加上农作物收割时令繁忙,农户不愿意收集秸秆。贺雪峰通过多次田野调查得出,农民并不是按照自己实际获得的好处来衡量收益,而是根据与他人收益的比较来权衡自己的行为^[3]。农户降低供应秸秆的意愿,将秸秆就地焚烧,不仅制约了秸秆发电产业的发展,还会造成严重的大气污染,背离可持续发展的理念。因此,为解决原材

料供不应求带来的问题,一方面要进行供应链物流成本研究,最大可能降低原材料收集运输成本,更重要的是要考虑公平偏好这一隐性因素对秸秆发电供应链主体决策的影响。保证秸秆发电供应链有效运作和原材料的持续供应,充分利用农户和中间商的公平偏好心理实现他们与电厂的合作协调是关键。

目前国内外关于公平偏好以及秸秆发电供应链的研究有很多,但是将公平偏好这一因素引入秸秆发电供应链的研究却少之又少。有关秸秆发电供应链的研究主要集中在项目投资风险^[4]、原材料收集成本^[5]、生物质供应组织结构^[6]、发电厂选址^[7]以及演化博弈^[8]等方面。公平偏好是指决策者在选择最优决策时不仅想要实现个人利益最大化,还期望利益分配是公平的,否则就会采取措施惩罚对方。在公平偏好的理论描述方面,Fehr 等提出的 FS 模型最为经典,FS 模型认为,行为人并非是完全理性的,还会关注利益分配是否公平,无论自己的收益低于还是高于别人,都产生不公平厌恶心理^[9]。Cui 等在线性需求条件下的供应商和零售商之间契约交易模型基础上加入公平偏好因子,并且得出结论:在只有零售商具有公平偏好或者二者均具有公平偏好的情况下,供应商只需利用批发价格契约就可以维持供应链整体协调^[10]。Caliskan - Demirag 等^[11]又探讨了非线性需求条件下,公平偏好对供应商和零售商之间契约交易的影响。他认为,只要零售商具有较强的公平偏好,供应商无需过多限制就可以仅利用批发价格来协调供应链运作。Zhou 等研究发现,当供应链成员认为自己所得收益低于参照对象的水平时,公平感会明显降低,反之,公平感会提高^[12]。杜少甫等分析了零售商的公平偏好对二级供应链中契约协调的影响,提出零售商的公平偏好不会改变供应链的协调状态^[13]。王勇等构造了公平偏好下的二级供应链 Stackelberg 博弈模型,引入参照点效应来描述公平偏好效用函数,研究表明供应链参与主体的公平偏好心理,使己方效用增加,他方效用减小^[14]。林润辉等建立了包含互惠偏好的回购契约效用模型,研究发现成员的偏好心理不能使回购契约达到平衡^[15]。浦徐进等采用 FS 公平

收稿日期:2016-11-29

基金项目:国家自然科学基金(编号:71371173);河南省高等学校骨干教师资助计划(编号:2014GGJS-103);河南省高校科技创新人才支持计划(编号:16HASTIT037)。

作者简介:薛朝改(1978—),女,河南邓州人,博士,教授,主要从事物流与供应链管理、系统建模与仿真、电力市场等研究。E-mail:myrayy@zzu.edu.cn。

通信作者:王新风,硕士研究生,主要从事物流与供应链管理研究。

E-mail:xinfengwang001@163.com。

偏好模型,设置不公平规避系数和公平感知标准系数,建立供应链成员以及整体的效用函数模型,研究发现,供应链运作受到不公平规避系数和公平感知标准系数的综合影响,分销商以零售商为参照点时,其公平偏好心理可以提高供应链的整体收益^[16]。纵观上述研究可以发现,公平偏好对供应链的运作有至关重要的影响,在秸秆发电供应链中也不例外。农户和中间商“不患寡而患不均”的心理,会直接影响其为供应链付出的努力程度。农民的公平偏好主要表现为:在分配中无法获得心理预期的收益时,农户会降低秸秆收集的意愿,同时选择焚烧秸秆或者暗地降低秸秆质量等投机行为。中间商的公平偏好主要表现为:在分配中无法获得心理预期的收益时,中间商会降低秸秆收集的意愿,同时会在秸秆加工处理过程中做出投机行为。因此,研究秸秆发电供应链中各参与主体的公平偏好对其决策的影响问题,对实现秸秆发电的持续有效运作具有重要的现实意义。

1 分散决策下秸秆发电供应链模型构建与分析

与一般供应链相比,秸秆发电供应链同样具有网链结构模型,包含多个节点企业,注重经济效益最大化和供应链系统性。同时,秸秆发电供应链也表现出一些独特特征:原材料产量大,地域分散,收购网点多;原材料的替代用途和处理方式多,还可以用来制造饲料、造纸等,导致供应波动极大;原材料易受潮、腐烂,收集、运输、存储方面的成本较高。此外,在其他农产品供应链中,农户处于相对弱势地位,需要考虑种植成本、农产品保鲜期等因素,难以抵御市场变化带来的风险。而秸秆是农作物生产的副产物,过去农户通常是焚烧处理而且也不会获得相关收益。现今从环境保护和节约资源的角度,政府号召企业和农户收集利用秸秆。这种情况下,农户在提供秸秆时,相比于成本问题,会更多地衡量哪种秸秆处理方式对自己最有利,这就造成了原材料供应受制于农户和中间商的局面。由于农户和中间商这种公平偏好心理,电厂作为供应链中的核心成员,并非占据强势的主导地位。

秸秆发电原材料供应包含生产、收集、加工、运输及存储等过程,涉及到许多工序流程和人力物力,常见的秸秆发电供应链的合作模式如图 1 所示。

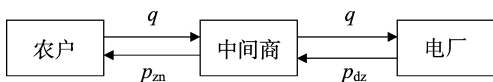


图1 秸秆供应链合作关系

从图 1 中可以看出,秸秆发电供应链的成员分别是农户、中间商、电厂。其中,农户负责原材料的生产,中间商负责原材料的收集和加工,而电厂则是将中间商加工的秸秆产品用于发电。

1.1 不考虑公平偏好时的分散决策

在农户以及中间商都不具有公平偏好的情况下,农户、中间商和电厂均以各自的利润最大化为目标作出决策,农户的成本函数如下^[17]:

$$c_n = \frac{2}{3} [t_0 (kB\alpha_0\pi)^{1/2} + w] q^{3/2}, \text{ 令 } c_q = t_0 (kB\alpha_0\pi)^{-(1/2)} + w, \text{ 故有 } c_n = \frac{2}{3} c_q q^{3/2}$$

式中: t_0 为秸秆的质量运输费率, α_0 为单位面积秸秆的产量, k 为秸秆综合收集系数, q 为收集的秸秆数量, B 为曲折因子, w 为收集时人工、存储等各项费用。

此时,发电厂、中间商、农户三者的最大利润函数分别为:

$$\max G_d = (p_{sw} - c_d) r q - p_{dz} q - c_2 q;$$

$$\max G_z = p_{dz} q - p_{zm} q - c_z q, p_{dz} > p_{zm};$$

$$\max G_n = p_{zm} q - \frac{2}{3} c_q q^{3/2}.$$

式中: G_d 为电厂的利润, G_z 为中间商的利润, G_n 为农户的利润, p_{sw} 为秸秆发电厂发电后的上网电价, c_d 为单位发电过程中的变动成本, r 为电厂秸秆发电的转换率, c_2 为电厂的存储成本, p_{zm} 为中间商向农户收购的秸秆价格, p_{dz} 为电厂向中间商收购秸秆的价格。 $c_z = c_y y + c_1$, y 为存储点到发电厂的平均运输距离, c_y 为单位运输成本(包括燃料、人工、设备维修等), c_1 为中间商的存储成本。

在分析最大利润函数基础上,采用逆推归纳法,由农户首先做出决策,决定其供应秸秆数量 q^* 。中间商对收购价格进行决策,由于中间商的加工及运输成本与农户的秸秆供应量有关,因此中间商根据秸秆供应量制定收购价格 p_{zm}^* 。电厂在利润最大条件下,决定对中间商的收购价格 p_{dz}^* 。最终,可以得出三方均不考虑公平偏好时的最优决策为

$$E_1 = \begin{bmatrix} p_{dz}^{1*} \\ p_{zm}^{1*} \\ q^{1*} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2(p_{sw} - c_d)r + c_z - 2c_2}{3} \\ \frac{2p_{dz}^{1*} - 2c_z}{3} \\ \frac{(p_{zm}^{1*})^2}{c_q^2} \end{bmatrix}.$$

1.2 考虑农户的纵横向公平偏好时的分散决策

事实上,农户作为原材料的最初供应者,其心理公平感受很大程度上影响了秸秆发电供应链的顺利进行。如果农户认为收益分配不公平,从而改变对秸秆的处理方式(例如,进行焚烧或者另作他用),秸秆发电供应链就难以为继。因此,农户的公平偏好对秸秆发电供应链至关重要。

本研究将公平偏好分为纵向和横向 2 个维度:纵向公平偏好,即供应链参与主体以链中上下游合作伙伴的收益为参照点,对比自己的收益;横向公平偏好,即供应链参与主体以其他同行在相同成本条件下的收益为参照点,对比自己的收益。农户的公平感受,一方面来自于以中间商收益为参照点的纵向公平偏好,另一方面来自于以同样成本条件下的收益为参照点的横向公平偏好。此时,考虑农户纵向及横向公平偏好(下同)情况下,农户的最大利润函数变为

$$\max G_n = p_{zm} q - \frac{2}{3} c_q q^{3/2} - \alpha_{n1} (\gamma_n G_z - G_n) - \alpha_{n2} (G_n^x - G_n).$$

式中: α_{n1} 为农户的纵向公平偏好系数, α_{n2} 为农户的横向公平偏好系数, γ_n 为农户对中间商的收益相对系数, G_n^x 为农户平均收益, $G_n^x = s_n^x q$ 。根据上述的决策方法,可以得到最优决策为:

$$E_2 = \begin{bmatrix} p_{dz}^{2*} \\ p_{zm}^{2*} \\ q^{2*} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2(p_{sw} - c_d)r + c_z - 2c_2}{3} + \frac{\alpha_{n2} s_n^x}{3(1 + \alpha_{n1} + \alpha_{n2})} \\ \frac{2p_{dz}^{2*} - 2c_z}{3} + \frac{\alpha_{n1} \gamma_n p_{dz}^{2*} z - \alpha_{n1} \gamma_n c_z + \alpha_{n2} s_n^x}{3(1 + \alpha_{n1} + \alpha_{n2} + \alpha_{n1} \gamma_n)} \\ \frac{1}{c_q^2} \left(p_{zm}^{2*} - \frac{\alpha_{n1} \gamma_n (p_{dz}^{2*} - p_{zm}^{2*} - c_z) + \alpha_{n2} s_n^x}{(1 + \alpha_{n1} + \alpha_{n2})} \right)^2 \end{bmatrix}.$$

结论 1: 当农户具有纵横向公平偏好时, 随着纵向偏好系数 α_{n1} 的增大, 农户的秸秆供应量 q 增大, 中间商对农户的收购价格 p_m 增大, 电厂对中间商的收购价格 p_{dz} 减小。随着横向偏好系数 α_{n2} 的增大, 农户的秸秆供应量 q 减少, 中间商对农户的收购价格 p_m 增大, 电厂对中间商的收购价格 p_{dz} 增大。

1.3 考虑中间商横向公平偏好时的分散决策

秸秆供应链运作过程中, 在农户愿意提供秸秆的前提下, 供应链的稳定则会受到中间商公平偏好心理的影响。如果中间商觉得收益分配不公平, 也会降低秸秆加工的意愿, 或者采取投机行为, 降低秸秆的质量。由于秸秆发电供应链运作模式中, 中间商相对于电厂的投资可比性不大, 只会关注于电厂对其秸秆的收购价格, 而不会与其收益作对比。因此, 我们只考虑中间商对其横向收益具有公平偏好。这种情况下, 中间商的最优利润函数为:

$$\max G_z = p_{dz}q - p_mq - c_zq - \alpha_z(G_z^x - G_z), p_{dz} > p_m$$

式中: α_z 为中间商的横向公平偏好系数, G_z^x 为中间商的平均收益, $G_z^x = s_z^x q$ 。根据上述决策方法, 可以得到最优决策为

$$E_3 = \begin{bmatrix} p_{dz}^3 \\ p_m^3 \\ q^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2(p_{sw} - c_d)r + c_z - 2c_2}{3} + \frac{\alpha_z s_z^x}{3(1 + \alpha_z)} \\ \frac{2p_{dz}^3 - 2c_z}{3} - \frac{2\alpha_z s_z^x}{3(1 + \alpha_z)} \\ \frac{(p_m^3)^2}{c_q^2} \end{bmatrix}。$$

结论 2: 当中间商具有横向公平偏好时, 随着中间商偏好系数 α_z 增大, 农户的秸秆供应量 q 减少, 中间商对农户的收购价格 p_m 减小, 电厂对中间商的收购价格 p_{dz} 增大。

结论 2 说明在这种情况下, 一旦中间商产生了公平偏好心理, 一方面会降低对农户的秸秆收购价格, 农户的供应量自然会随之减少, 另一方面电厂为调动其积极性提高收购价格。

1.4 考虑农户及中间商公平偏好时的分散决策

在农户和中间商交易议价过程中, 双方不可避免地对比自己与他方的收益。如果同时考虑农户的纵横向公平偏好及中间商的横向公平偏好, 那么发电厂、中间商、农户三者的最大利润函数为:

$$\max G_z = p_{dz}q - p_mq - c_zq - \alpha_z(G_z^x - G_z), p_{dz} > p_m;$$

$$\max G_n = p_mq - \frac{2}{3}c_qq^{3/2} - \alpha_{n1}(\gamma_n G_z - G_n) - \alpha_{n2}(G_n^x - G_n)。$$

根据上述决策方法, 可以得到最优决策为:

$$EE_2 = \begin{bmatrix} pp_{dz}^2 \\ pp_m^2 \\ qq^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{[3(p_{sw} - c_d)r - 3c_2 - c_z](1 + a_{n1} + a_{n2} + a_{n1}r_n) + a_{n1}r_n c_z - a_{n2}s_n^x}{2(1 + a_{n1} + a_{n2}) + 3a_{n1}r_n} \\ (p_{sw} - c_d)r - c_2 - c_z \\ \frac{[(p_{sw} - c_d)r - c_2 - c_z + (a_{n1} + a_{n2} + a_{n1}r_n)pp_m^2 - a_{n1}r_n pp_{dz}^2 + a_{n1}r_n c_z - a_{n2}s_n^x]^2}{c_q^2(1 + a_{n1} + a_{n2})^2} \end{bmatrix}。$$

结论 4: 当农户具有纵横向公平偏好时, 随着纵向偏好系数 α_{n1} 增大, 农户的秸秆供应量 qq 减少, 中间商对农户的收购价格不变, 电厂对中间商的收购价格 pp_{dz} 减小。随着横向偏好系数 α_{n2} 增大, 农户的秸秆供应量 qq 减少, 中间商对农户的收购价格 pp_m 不变, 电厂对中间商的收购价格 pp_{dz} 增大。

$$E_4 = \begin{bmatrix} p_{dz}^4 \\ p_m^4 \\ q^4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2(p_{sw} - c_d)r + c_z - 2c_2}{3} + \frac{\alpha_{n2}s_n^x}{3(1 + \alpha_{n1} + \alpha_{n2})} + \frac{\alpha_z s_z^x}{3(1 + \alpha_z)} \\ \frac{2p_{dz}^4 - 2c_z}{3} + \frac{\alpha_{n1}\gamma_n p_{dz}^4 - \alpha_{n1}\gamma_n c_z + \alpha_{n2}s_n^x}{3(1 + \alpha_{n1} + \alpha_{n2} + \alpha_{n1}\gamma_n)} - \frac{2\alpha_z s_z^x}{3(1 + \alpha_z)} \\ \frac{1}{c_q^2} \left(p_{dz}^4 - \frac{\alpha_{n1}\gamma_n (p_{dz}^4 - p_m^4 - c_z) + \alpha_{n2}s_n^x}{(1 + \alpha_{n1} + \alpha_{n2})} \right)^2 \end{bmatrix}。$$

结论 3: 当农户和中间商均具有公平偏好时, 随着农户纵向偏好系数 α_{n1} 增大, 农户的秸秆供应量 q 减少, 中间商对农户的收购价格 p_m 增大, 电厂对中间商的收购价格 p_{dz} 减小。随着横向偏好系数 α_{n2} 增大, 农户的秸秆供应量 q 减少, 中间商对农户的收购价格 p_m 增大, 电厂对中间商的收购价格 p_{dz} 增大。随着中间商偏好系数 α_z 增大, 农户的秸秆供应量 q 减少, 中间商对农户的收购价格 p_m 减小, 电厂对中间商的收购价格 p_{dz} 增大。

2 集中决策下秸秆发电供应链模型构建与分析

2.1 不考虑公平偏好时的集中决策

在集中决策情况下, 不考虑参与主体的公平偏好时, 供应链整体最大利润等于农户、中间商以及电厂三者最大利润之和:

$$\begin{aligned} \max(G_d + G_z + G_n) &= \max\{(p_{sw} - c_d)rq - p_{dz}q - c_2q + p_{dz}q - p_mq - c_zq + p_mq - \frac{2}{3}c_qq^{3/2} - \alpha_{n1}(\gamma_n G_z - G_n) - \alpha_{n2}(G_n^x - G_n)\} = \\ &= \max\{(p_{sw} - c_d)rq - c_2q - c_zq - \frac{2}{3}c_qq^{3/2} - \alpha_{n1}(\gamma_n G_z - G_n) - \alpha_{n2}(G_n^x - G_n)\} \end{aligned}$$

根据两阶段主从双方的 stackelberg 均衡, 依次求得农户秸秆供应链 qq^* 、中间商收购价格 pp_m^* 和电厂收购价格 pp_{dz}^* , 可以得到最优决策为:

$$EE_1 = \begin{bmatrix} pp_{dz}^1 \\ pp_m^1 \\ qq^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3(p_{sw} - c_d)r - 3c_2 - c_z}{2} \\ (p_{sw} - c_d)r - c_2 - c_z \\ \frac{(pp_m^1)^2}{c_q^2} \end{bmatrix}$$

2.2 考虑农户纵横公平偏好时的集中决策

同理, 考虑农户纵横向公平偏好时, 供应链整体最大利润等于农户、中间商以及电厂三者最大利润之和:

$$\begin{aligned} \max(G_d + G_z + G_n) &= \max\{(p_{sw} - c_d)rq - c_2q - c_zq - \frac{2}{3}c_qq^{3/2} + (\alpha_{n1} + \alpha_{n2})(p_mq - \frac{2}{3}c_qq^{3/2}) - \alpha_{n1}\gamma_n(p_{dz}q - p_mq - c_zq) - \alpha_{n2}s_n^xq\} \end{aligned}$$

根据上述方法, 可以得到最优决策为:

2.3 考虑中间商横向公平偏好时的集中决策

同理, 考虑中间商的公平偏好时, 供应链整体最大利润等于农户、中间商以及电厂三者最大利润之和:

$$\max(G_d + G_z + G_n) = \max\{(p_{sw} - c_d)rq - c_2q - c_zq -$$

$$\frac{2}{3}c_q q^{3/2} + \alpha_z(p_{dz}q - p_mq - c_zq) - \alpha_zs_z^xq\}$$

根据上述方法,可以得到最优决策为

$$EE_3 = \begin{bmatrix} pp_{dz}^{3*} \\ pp_{zn}^{3*} \\ qq^{3*} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3(p_{sw} - c_d)r - 3c_2 - c_z - \alpha_zc_z - a_zs_z^x}{2 - a_z} \\ \frac{(p_{sw} - c_d)r - c_2 - c_z + a_zpp_{dz}^{3*} - a_zc_z - a_zs_z^x}{1 + a_z} \\ \frac{[(p_{sw} - c_d)r - c_2 - c_z + a_zpp_{dz}^{3*} - a_zpp_{zn}^{3*} - a_zc_z - a_zs_z^x]^2}{c_q^2} \end{bmatrix}$$

结论 5:当中间商具有横向公平偏好时,随着中间商偏好系数 α_z 增大,农户的秸秆供应量 qq 减少,中间商对农户的收

$$EE_4 = \begin{bmatrix} pp_{dz}^{4*} \\ pp_{zn}^{4*} \\ qq^{4*} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{[3(p_{sw} - c_d)r - 3c_2 - c_z - a_zc_z - a_zs_z^x](1 + a_{n1} + a_{n2} + a_{n1}r_n) + (a_{n1}r_na_z - a_{n2}s_n^x)(1 + a_z)}{(2 - a_z)(1 + a_{n1} + a_{n2}) + 3a_{n1}r_n} \\ \frac{(p_{sw} - c_d)r - c_2 - c_z + a_zpp_{dz}^{4*} - a_zc_z - a_zs_z^x}{1 + a_z} \\ \frac{[(1 + a_{n1} + a_{n2} + a_{n1}r_npp_{zn}^{4*} - a_{n1}r_nc_z - a_{n2}s_n^x)]}{c_q^2(1 + a_{n1} + a_{n2})^2} \end{bmatrix}$$

结论 6:当农户和中间商均具有公平偏好时,随着农户纵向偏好系数 α_{n1} 增大,农户的秸秆供应量 qq 减少,中间商对农户的收购价格 pp_{zn} 减少,电厂对中间商的收购价格 pp_{dz} 减少。随着农户横向偏好系数 α_{n2} 增大,农户的秸秆供应量 qq 增大,中间商对农户的收购价格 pp_{zn} 增大,电厂对中间商的收购价格 pp_{dz} 增大。随着中间商偏好系数 α_z 增大,农户的秸秆供应量 qq 增大,中间商对农户的收购价格 pp_{zn} 增大,电厂对中间

购价格 pp_{zn} 减小,电厂对中间商的收购价格 pp_{dz} 减小。

2.4 考虑农户及中间商公平偏好时的集中决策

同理,考虑农户纵横向公平偏好和中间商横向公平偏好时,供应链整体最大利润等于农户、中间商以及电厂三者最大利润之和:

$$\max(G_d + G_z + G_n) = \max\{(p_{sw} - c_d)rq - c_2q - c_zq - \frac{2}{3}c_q^{3/2} + (\alpha_{n1} + \alpha_{n2})(p_{zn}q - \frac{2}{3}c_qq^{3/2}) + (\alpha_z - \alpha_{n1}\gamma_n)(p_{dz}q - p_{zn}q - c_zq) - \alpha_{n2}s_n^xq - \alpha_zs_z^xq\}$$

根据上述方法,可以得到最优决策为:

商的收购价格 pp_{dz} 增大。

3 案例分析

为了更好地理解公平偏好心理对秸秆发电供应链的影响,在上述模型和决策分析基础上,以某地区秸秆发电为例,进行决策分析,并利用 matlab 软件绘制变化趋势图,进行数值分析。其中,电厂、中间商、农户的相关数据如表 1 所示:

表 1 电厂、中间商、农户相关数

相关参数	参数取值	相关参数	参数取值	相关参数	参数取值	相关参数	参数取值
c_d [元/(MW·h)]	0.1	α_0 (t/m ²)	400	y (km)	4	p_{sw} [元/(MW·h)]	0.75
r (MW·h/t)	600	B	1.5	c_y [元/(km·t)]	5	c_1 (元/t)	5
t_0 [元/(t·km)]	0.5	k	1	p_{sc} (元/t)	170	c_2 (元/t)	50
w	0.3	α_{n1}	0.3	α_{n2}	0.3	γ_n	0.6
s_n^x	30	s_z^x	40	α_{z2}	0.5		

首先,分析分散决策下,各供应链成员的收益变化情况。图 2 和图 3 表示,在农户具有纵横向公平偏好时,随着农户纵向偏好系数 α_{n1} 和横向偏好系数 α_{n2} 增大, G_n 增大, G_d 和 G_z 减小,且 $G_n > G_d > G_z$ 。说明在这种情况下,农户的纵向偏好和横向偏好对供应链运作的影响相同,无论农户的最终秸秆供应是增加还是减少,都会迫使中间商提高秸秆收购价格,从而使己方收益增加,其他成员收益减少。还可以看出,电厂的收益波动较小,中间商承担主要风险。

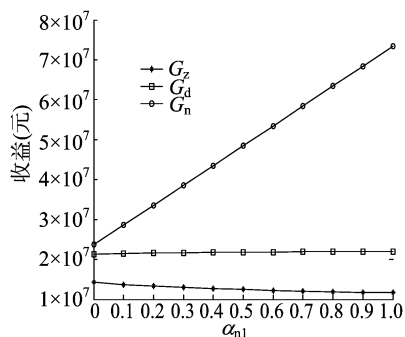
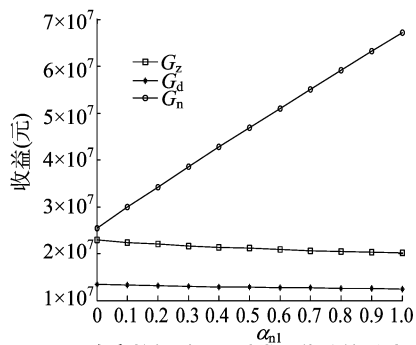
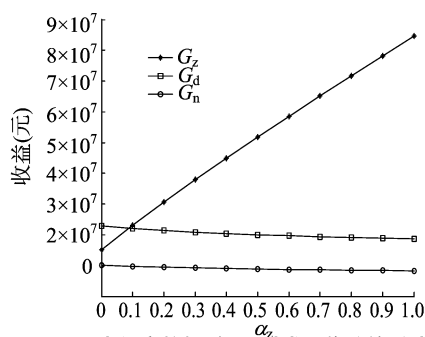
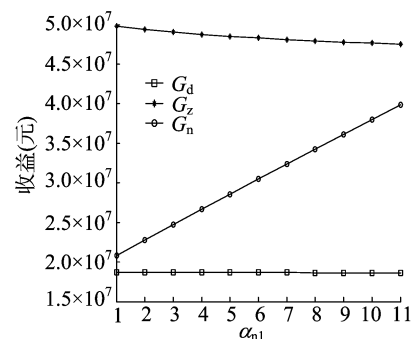
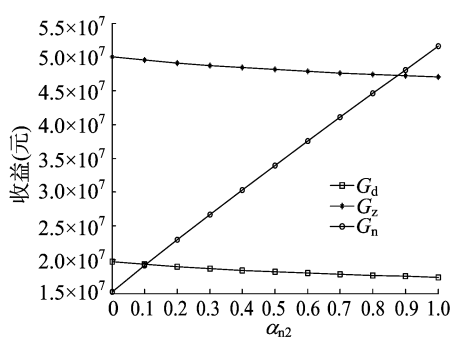
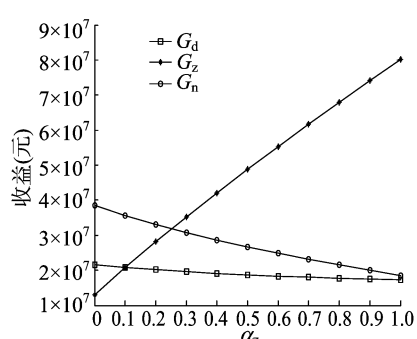
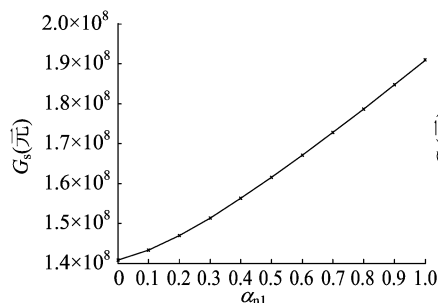
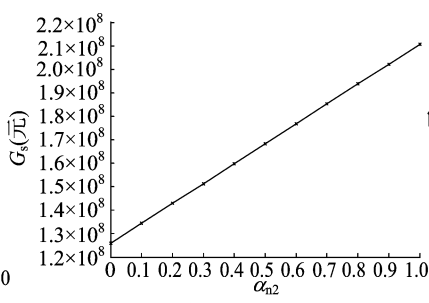
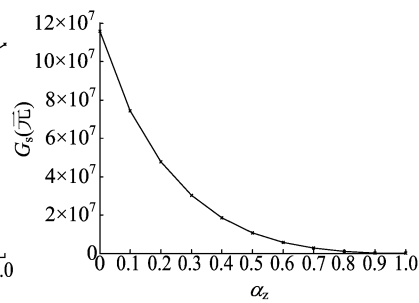
图 4 表示中间商具有横向公平偏好时,各供应链成员收益的变化。显然,随着中间商偏好系数 α_z 增大, G_z 增大, G_d 和 G_n 减小。另外,中间商的公平偏好心理增强到一定程度后, G_n 始终大于 G_d 和 G_n 。这是由于中间商产生公平偏好心理后,一方面对电厂造成压力迫使其提供秸秆收购价格,另一方面中间商会降低对农户的秸秆收购价格,导致中间商和农户的收益降低。然而,中间商的公平偏好对农户、电厂的收益影响较小,供应链整体的收益呈增加趋势。

图 5、图 6 和图 7 表示当农户和中间商均具有公平偏好时,偏好系数对各个成员收益的影响。从图 5 可以看出,随着农户纵向偏好系数 α_{n1} 增大, G_n 增大, G_d 和 G_z 减少。这种情

况下,中间商具有横向公平偏好心理,其收益虽然呈递减趋势,但仍大于其他成员,说明此时中间商的公平偏好心理对供应链运作的影响更加显著。从图 6 可以看出,随着农户横向偏好系数 α_{n2} 增大, G_n 增大, G_d 和 G_z 减少。从图 7 可以看出,随着中间商横向偏好系数 α_z 增大, G_z 增大, G_n 和 G_d 减少。综合图 5、图 6 和图 7 可知,当农户和中间商均具有公平偏好时,农户的公平偏好心理使中间商收益减少,中间商的公平偏好心理使己方效用增加,但后者影响较强,中间商的收益最终成增加趋势。分散决策时,供应链成员的公平偏好心理会使己方收益增加,其他成员收益减少,但是整体上收益增加量大于减少量。虽然供应链的收益增加,但是造成收益分配不公平,并不利于供应链的长期稳定运作。

在集中决策下,不考虑公平偏好时,供应链整体的收益 $G_s = 11\ 576.25$ 万元。从图 8 和图 9 可以看出,当农户具有纵横向公平偏好心理时,供应链整体收益大于公平中性时的收益,而且随着偏好系数 α_{n1} 和 α_{n2} 增大,整体收益增加。

图 10 表示中间商具有横向公平偏好时,供应链整体的收益随着其偏好系数 α_z 增大而减少。说明中间商的公平偏好心理,严重损害供应链的运作,这种情况是最不希望出现并尽

图2 农户偏好时 α_{n1} 对成员收益的影响图3 农户偏好时 α_{n2} 对成员收益的影响图4 中间商偏好时 α_z 对成员收益的影响图5 二者均偏好时 α_{n1} 对成员收益的影响图6 二者均偏好时 α_{n2} 对成员收益的影响图7 二者均偏好时 α_z 对成员收益的影响图8 农户偏好时 α_{n1} 对供应链整体收益的影响图9 农户偏好时 α_{n2} 对供应链整体收益的影响图10 中间商偏好时 α_z 对供应链整体收益的影响

可能避免的。

图 11、图 12 和图 13 描绘了农户和中间商均具有公平偏好时,供应链整体收益受偏好系数的影响趋势。由图 11 可见,农户的横向公平偏好程度一定时,随着纵向公平偏好程度增强,供应链整体收益先减少后增加,当偏好系数 $\alpha_{n1} = 0.3$, $\alpha_{n2} = 0.4$, G_s 最小;由图 12 可见,随着农户的横向公平偏好系数 α_{n2} 增大, G_s 增大;由图 13 可见,农户具有一定程度的公平偏好心理时,随着中间商的公平偏好系数 α_z 增大, G_s 增大。此时,农户和中间商的公平偏好心理存在交互作用,减少秸秆供应量和收购价格的波动,有利于供应链的整体运作。

4 秸秆发电供应链的若干建议

我国秸秆发电产业起步较晚,虽然近年来发展迅速,但并没有达到预期的成效。在实际的秸秆发电供应链运作中,考虑到农户和中间商的公平偏好心理对原材料供应的影响,本研究从电厂、中间商和农户层面提出如下几点建议:

(1) 农户层面。农户的纵横向公平偏好心理,使其减少秸秆的供应量,进而影响到中间商加工秸秆和电厂发电环节。

为能够让电厂获得充足的秸秆原料和持续发电,一方面通过思想教育和激励政策,加强引导,广泛开展秸秆再利用宣传活动,增强广大农户节约资源和保护环境意识;以村为单位配备秸秆收集和捆扎设备,对主动提供秸秆的农户给予一定补贴,积极参与到秸秆发电产业化中。另一方面,通过制定相关的法律法规,加大对秸秆禁烧工作的督促力度,依法惩处违规焚烧行为。

(2) 中间商层面。中间商关系供应链中秸秆的流通环节,其努力程度既影响农户提供秸秆的积极性,又影响秸秆收集、加工的质量,其公平偏好心理对供应链运作有重要影响。中间商企业之间加强合作,共同改善原材料处理技术,建立必要的原材料存储基地;政府加强合理经营的规划指导,在原材料收集、运输和储存环节给予经济补贴;调整秸秆收购价格,防止中间商过度压低秸秆收购价格,打击农户积极性。

(3) 电厂层面。虽然电厂企业是供应链的核心企业,但并不处于优势地位。农户和中间商的公平偏好,最终导致电厂获得的秸秆数量减少和质量下降,损害电厂收益。加之发电设备和电厂运营需要较高的成本,电厂企业陷入进退两难

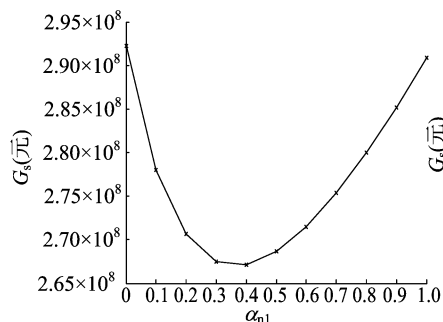


图11 二者均偏好时 α_{n1} 对供应链整体收益的影响

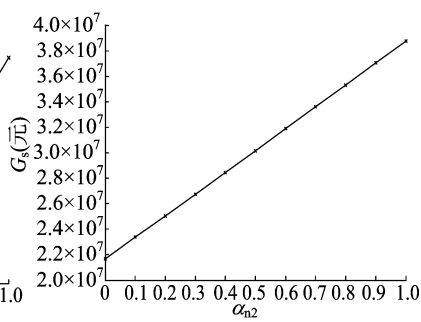


图12 二者均偏好时 α_{n2} 对供应链整体收益的影响

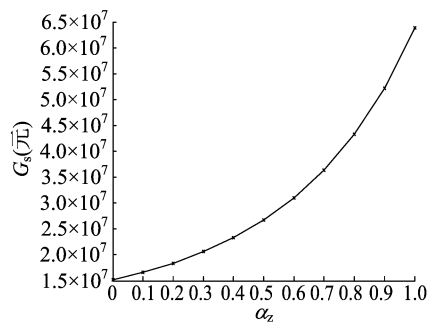


图13 二者均偏好时 α_z 对供应链整体收益的影响

的境地。电厂应该拓宽融资渠道,加大对技术创新和先进设备引进方面的资金投入,尽最大可能地降低发电成本。应该因地制宜,扩大发电原材料来源,采用适合混合燃料的能源转换技术,降低秸秆供应不足的风险。政府为保证秸秆发电产业的健康发展,应对新建电厂提供资金和技术支持、税收优惠和上网电价补贴等,确保电厂的建设和持续运营。建立标准规范体系,优化发电项目立项、建设和运营监督流程,加快培育发电行业产业链。

根据本研究得出的结论,农户和中间商单独具有公平偏好时,会使得己方收益增加,其他成员收益减少,收益不公平的现象不利于秸秆发电供应链长期的稳定,所以要尽量避免他们一方具有公平偏好的情况。当农户和中间商均具有公平偏好时,二者会相互作用相互制约,这时政府应该加大对电厂的支持,达到三者的平衡状态。

5 结束语

现实中,供应链各参与主体的决策行为通常会受到公平偏好心理的影响。本研究以“农户—中间商—电厂”三级秸秆发电供应链为对象,结合秸秆发电供应链的特点,构建了不同情形下的公平偏好模型,探究了分散决策和集中决策下公平偏好系数对决策变量以及供应链收益的影响趋势,为供应链企业和政府决策提供了理论支持。根据本研究结论,在不同的偏好情形下,电厂企业和中间商企业可以适当调整秸秆的收购价格。政府可以制定激励和补贴政策,使企业之间能够持续合作。当然,本研究仍存在不足,尚未充分考虑政府在秸秆发电供应链中的作用。事实上,政府行为对于原材料供应问题举足轻重,在资源有限的条件下,政府如何补贴能够使供应链运作最优,这一方面有待继续研究和完善。

参考文献:

- [1] 相龙方,李军,王继荣,等. 生物质燃料发电供应链博弈分析[J]. 物流科技,2011(6):98-100.
- [2] 张钦,周德群. 江苏省秸秆发电的现状分析及对策[J]. 中国

软科学,2010(10):104-111.

- [3] 贺雪峰. 熟人社会的行动逻辑[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版),2004,43(1):5-7.
- [4] 唐朝贤. 生物质发电项目投资风险分析与决策研究[D]. 长沙:中南大学,2011.
- [5] 曹溢,沈辉. 秸秆发电过程中原料收集的成本分析[J]. 电力与能源,2012,33(5):463-466.
- [6] 梁歌,王琳颖,张永,等. 基于系统动力学的生物质供应组织结构绩效研究[J]. 物流技术,2012,31(9):185-188.
- [7] 陈聪,李薇,李延峰,等. 生物质发电厂优化选址建模及决策研究[J]. 农业工程学报,2011,27(1):255-260.
- [8] 王燕,沈辉. 生物质发电供应链的完全信息动态博弈分析[J]. 价值工程,2010,29(19):41-42.
- [9] Fehr E, Schmidt K M. A theory of fairness, competition, and cooperation[J]. The Quarterly Journal of Economics,1999,114(3):817-868.
- [10] Cui T H, Zhang Z J. Fairness and channel coordination[J]. Management Science,2007,53(8):1303-1314.
- [11] Caliskan - Demirag O, Chen Y, Li J. Channel coordination under fairness concerns and nonlinear demand[J]. European Journal of Operational Research,2010,207(3):1321-1326.
- [12] Zhou H, Long L R. Effect of pay strategy on employees' pay satisfaction:testing and modifying the equity theory[C]. 2007:1448-1453.
- [13] 杜少甫,杜婵,梁樑,等. 考虑公平关切的供应链契约与协调[J]. 管理科学学报,2010,13(11):41-48.
- [14] 王勇,朱龙涛. 考虑公平偏好的两级供应链 Stackelberg 博弈模型[J]. 工业工程,2012,15(4):28-34.
- [15] 林润辉,侯如靖. 互惠偏好对回购契约协调效果和决策行为影响[J]. 工业工程与管理,2014,19(1):85-90.
- [16] 浦徐进,金德龙. 公平偏好、参照点效应和三级供应链的运作[J]. 控制与决策,2015,30(5):859-864.
- [17] 王燕. 博弈情况下的生物质发电供应链合作模式研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2011.