

DOI: 10.5846/stxb201407191470

何威风, 阎建忠, 周洪, 李秀彬. 农户薪柴消费的理论模型及实证研究. 生态学报, 2016, 36(5): - .

He W F, Yan J Z, Zhou H, Li X B. The factors influencing rural household firewood consumption: a theoretical model and empirical research of a typical area in Chongqing Municipality. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(5): - .

农户薪柴消费的理论模型及实证研究

何威风¹, 阎建忠^{1,*}, 周洪¹, 李秀彬²

¹ 西南大学资源环境学院, 重庆 400716

² 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要: 农户薪柴消费变化对室内空气质量、农村生态环境建设影响重大, 论文构建了山区农户薪柴消费的理论模型, 以重庆市典型区 1015 份农户调查数据为例, 运用 Tobit 模型分析了农户人均薪柴消费量的影响因素。研究表明: 农户家庭能源消费中, 商品能源和新能源的比重逐步增大, 但薪柴依旧是农户普遍使用的能源类型, 且消费量占总能源消费量的比重高; 通过降低农业劳动力比重和提高非农工资水平两种途径, 非农就业能显著降低农户人均薪柴消费量; 此外, 家庭电器数量增多、其他收入(政府补贴、亲戚帮扶等)增加、及替代能源(液化气、沼气、煤炭等)可获得性增强也能显著降低农户人均薪柴消费量, 而户主年龄大、人均牲畜数量多及房屋离集市距离远的农户家庭的人均薪柴消费量高。最后, 论文提出了加快薪柴替代的措施。

关键词: 农户; 非农就业; 薪柴替代; 影响因素; 重庆市

The factors influencing rural household firewood consumption: a theoretical model and empirical research of a typical area in Chongqing Municipality

HE Weifeng¹, YAN Jianzhong^{1,*}, ZHOU Hong¹, LI Xiubin²

¹ College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China

² Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Recently, energy consumption in rural areas of China is shifting from traditional natural energy to high-quality commercial energy and renewable energy; this shift may help to reduce the ecological stressors of rural areas. Nonetheless, the process of firewood substitution is relatively slow in some mountainous areas of China. Existing studies are focused on the key factors that influence rural households in the choice of energy resources, although it is still unclear what drives the households' decision-making on energy resources. For example, there is a significant controversy regarding the effect that the off-farm employment has on firewood substitution. Furthermore, existing household models are not suitable for the mountainous areas of China, though these models can simulate energy consumption decisions of a rural household and are helpful for elucidation of the relationship between firewood consumption behavior and off-farm employment. Chongqing Municipality is located in the upper reaches of the Yangtze River, and the rural households there typically use firewood as their main energy resource. Firewood consumption, however, has a negative effect on the already fragile ecological environment in the region. Besides, firewood collection contradicts the policy of forest conservation. Therefore, firewood substitution is a hot area of research because understanding what/how various factors affect firewood substitution is necessary for policy-making on forest conservation. To meet this challenge, we built an inseparable household model to simulate the balance of labor allocation and energy consumption in a rural household, taking into account the shadow price of off-farm employment, firewood collection, and leisure. Tools of participatory rural appraisal (PRA) were utilized in this study, in accordance with field surveys of 1015 households in the "two wings" region of Chongqing Municipality. A Tobit model was

基金项目: 国家自然科学基金重大国际合作项目(41161140352)

收稿日期: 2014-07-19; 网络出版日期: 2015- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yanjzswu@126.com

then used to conduct both qualitative and quantitative analyses on the factors influencing firewood consumption per capita in 2011 to test the hypothesis proposed by the household model. Our results show that 1) Rural households gradually increased their use of high-quality commercial energy and renewable energy during 2003—2011. Nevertheless, due to the vast supplies, firewood is still the widely used energy resource, where the percentage of households using firewood is 91.43% and the consumption of firewood per capita was 794.97 kg consumed energy (kgce) in 2011. 2) Off-farm employment significantly reduced firewood consumption per capita via rural labor migration and the improvement of off-farm wages. 3) Other variables also have significant effects on firewood consumption per capita. For instance, among the statistically significant factors are the age of the household head, the livestock number per capita, and distance to market; these factors positively affect firewood consumption per capita. In contrast, the number of household appliances, other income (e.g., government subsidies and support from relatives), and accessible biogas have negative effects. 4) The Wulong County has a negative impact on firewood consumption per capita due to the biogas policy, and so does the Wushan County (due to rich coal resources). We propose several targeted strategies for acceleration of firewood substitution according to existing research; these strategies include improvement of off-farm wages to speed up the transfer of rural labor to off-farm employment, completion of the social security system to improve the purchasing power among the elderly for the use of high-quality commercial energy and renewable energy, increasing the subsidies for electricity access, and promotion of renewable energy.

Key Words: Rural household; off-farm employment; firewood substitution; influencing factors; Chongqing Municipality

目前,我国农村家庭能源主要由传统生物质能源、商品能源和新能源构成。其中传统生物质能源中薪柴的过度使用会对人类健康和生态环境产生消极作用。薪柴用于炊事、取暖释放的 SO_2 、TSP (Total Suspended Particulate) 等会污染空气,危害人体健康^[1-3]。薪柴的过度砍伐会造成森林资源的退化,破坏生物的栖息地,影响生物多样性;也会破坏土地的覆被状况,造成土壤侵蚀和水土流失,加剧生态环境的恶化^[4-6]。此外,薪柴的堆放会影响农村村容村貌,不利于美丽乡村建设。因此,明晰影响农户薪柴消费的主要因素,加快薪柴替代,对于改善室内空气质量、减轻农村生态压力、促进美丽乡村建设具有重要意义。

当前,我国农村家庭用能正逐渐由传统生物质能源向商品能源及新能源转变^[7-9]。但薪柴在生态脆弱的贫困山区农村使用依旧普遍,替代进程缓慢^[10-11]。很多研究从农户家庭能源消费的影响因素入手,发现影响因素大致可以概括为三类:家庭特征、资源条件和经济水平^[12-16]。然而,已有研究对影响农户薪柴消费的因素关注不够,驱动薪柴替代的主要因素依旧不明晰。

近年来,不少学者关注农户生计转型对薪柴消费的影响,其中非农就业是关注较多的因素^[7, 17-20]。但是,现有关于薪柴消费与农户生计类型之间关系的结论并不一致。Wang 等认为薪柴替代的影响因素与农户生计类型的变化密切相关,而农户生计的变化中非农就业和农业专业化构成了薪柴替代最主要的驱动力^[7]。Shi 等将研究重点集中在贫穷的农村地区,其研究结果显示,非农就业机会的增加并没有减少薪柴的使用^[17]。Dovie 等通过研究南非的薪柴消费和生计类型的关系,发现只有成年女性的数量能够显著影响薪柴消费量,农户收入的变化对于薪柴消费量没有显著影响^[18]。此外,农户理论模型的构建有助于认识山区农户偏好使用薪柴作为主要家庭能源的决策行为。但现有农户模型中,往往假设存在薪柴的交易市场,薪柴的价格是外生变量^[6, 13],农户面临的选择是自己采集薪柴,还是将劳动力投入非农业、依靠非农收入购买薪柴。然而,我国山区农户都有自留山林或薪柴林,不存在薪柴交易市场,农户面临的选择是自己采集薪柴还是将劳动力投入非农业,依靠非农收入买电、煤气等清洁能源^[21]。因此,有必要基于我国山区农户的特点来构建合适的农户模型,并利用大样本农户调查数据,从机理上解释非农就业对薪柴消费的影响。

重庆市地处长江上游,生态环境较为脆弱,地区生态环境的维护关系着长江中下游地区的生态安全。长期以来,农户家庭用能以薪柴为主^[16, 22],对生态环境造成严重危害。随着 2003 年我国出现“刘易斯拐点”,即劳动力需求增长速度超过供给增长速度的转折点,劳动力务农成本得以较快上升,加快了农村劳动力向城镇

转移速度^[23]。农村劳动力大量析出如何影响农户薪柴消费是一个值得关注的问题。因此,本文以重庆市“两翼”地区 1015 份农户调研数据为例,对比分析 2011 年与 2003 年的农村家庭能源消费的变化,构建了山区农户薪柴消费的理论模型,并采用 Tobit 模型实证分析了农户薪柴消费的影响因素,且着重分析非农就业对薪柴消费的影响,以期为地方政府引导农户实现薪柴替代提供政策依据。

1 研究区概况、数据获取及描述性统计

1.1 研究区概况

2006 年,重庆市提出“一圈两翼”的区域战略发展格局,相对于地势平坦、经济发达的“一圈”区域,“两翼”地区海拔高,经济发展落后,城镇化水平低。因此,“两翼”地区能较好反映贫困山区的特征。为充分反映“两翼”地区的情况,选取了“渝东南翼”的酉阳县,“渝东北翼”的巫山县和“一圈两翼”交汇处的武隆县作为研究区域。酉阳县和巫山县均是国家级贫困县,地区人均 GDP (Gross Domestic Product) 仅为重庆市的 1/3 左右,武隆县的经济发展水平稍高,但也仅为重庆市的 2/3。同时,三个地区的喀斯特地貌均分布广泛,且武隆县和巫山县位于三峡库区,属于典型的生态脆弱区。分别在三个区县选择四个样本村,样本村的选取主要依据海拔高度、交通状况与乡镇中心距离。在海拔高度的选择上,主要选择海拔相对较高的贫困地区;在交通状况的选择上,考虑到是否有公路贯穿其中;而乡镇中心的距离则主要考虑离乡镇中心的远近两种情况。表 1 为 12 个样本村基本情况。

表 1 样本村基本情况

Table 1 Basic characteristic of 12 typical villages

区县 County	样本村 Village	面积/ (km ²) Area	平均 海拔/(m) Mean of elevation	森林覆盖率 Forest coverage	主要养殖 Main farmed species	非农劳动力比例 Percentage of off-farm labor	常用家庭能源 Main household energy	社会经济情况 Social and economical situations
酉阳县	天仓村	12.85	1172.10	64.14	猪、羊、牛	58.54	薪柴、电	距集市最近约 1 km, 210 省道通过, 交通便利, 但基础设施差
	双龙村	20.90	846.87	50.77	猪、牛	72.80	薪柴、电	距集市最近约 4 km, 仅一条碎石路过村, 基础设施差
	梨耳村	36.76	1047.39	70.15	猪、牛	61.13	薪柴、电	距集市最近约 5 km, 公路通过, 交通状况一般, 基础设施差
	大坂营村	52.43	672.63	83.84	猪、羊、牛	70.78	薪柴、电	距集市最近约 7 km, 仅一条碎石路过村, 基础设施非常差
武隆县	鹅冠村	8.81	292.12	33.95	猪	36.43	薪柴、电、沼气	临近集市, 319 国道贯穿其中, 交通状况、基础设施较好
	前进村	20.06	824.26	78.40	猪	15.45	薪柴、电	距集市约 14 km, 交通状况、基础设施一般
	东升村	9.31	1016.05	55.87	猪、羊	30.81	薪柴、电	距集市约 13 km, 公路贯穿村庄, 交通条件、基础设施一般
	车盘村	35.80	1285.64	79.93	猪	53.07	薪柴、电	距集市约 30 km, 778 县道通过, 交通条件、基础设施较好
巫山县	莲花村	2.47	1011.25	50.85	猪	43.30	薪柴、煤炭、电	距集市约 7 km, 公路贯穿村内, 交通状况一般
	双塘村	4.08	877.04	54.33	猪、羊	33.33	薪柴、煤炭、电	距集市约 7 km, 村内公路连接 004 县道, 交通便利
	老鸭村	2.75	643.22	42.84	猪	36.27	薪柴、煤炭、电	距集市约 8 km, 交通便利, 基础设施较好
	双河村	2.46	318.19	35.94	猪	32.12	薪柴、煤炭、电	距集市最近约 1 km, 村级公路连接 004 县道, 交通便利, 基础设施较好

典型村面积、森林覆盖率来自第二次全国土地调查数据,其他数据来自 2013 年 1 月典型村深入访谈资料及统计资料、乡(镇)政府工作报告等。

1.2 数据获取

2012年7—8月,在研究区展开了《城市化对山区生态压力的影响》的专题调研,农户家庭用能是其中一个主要内容。首先,通过与村长、支书等知情人士访谈,对典型村劳动力外出务工情况、农户家庭用能情况、能源政策及商品能源市场发育情况等进行全面了解。随后,采用分层抽样及参与式农村评估法(Participatory Rural Appraisal, PRA)进行住户调查。为确保问卷质量,采访对象以户主为主,伴有其他成员补充相关信息。农户调研逐户开展,每户用时约2 h。最终获取有效问卷1015份(酉阳县324份、巫山县317份、武隆县374份)。问卷的主要内容包括:2011年家庭基本情况、劳动力分工及收入情况、家庭固定资产、房屋位置、能源政策及家庭能源消费情况等。为了解农村劳动力析出对农村家庭能源消费的影响,依据我国农村劳动力供需速度变化的转折点出现的年份^[23],问卷添加调研了2003年农户家庭能源消费情况。

1.3 描述性统计

1.3.1 家庭能源消费选择及变化

薪柴和电能是农户普遍选择使用的能源类型(表2)。六类能源中,使用电能的农户比例最高。2011年研究区虽然均通电,而使用电能的农户比例<100%,因有部分农户全家全年在外务工,其电能消费量为零。使用薪柴的农户比例略低于电能,说明存在部分农户完全不使用薪柴。使用煤炭的户数比例适中,2011年约为40%。但使用煤炭的农户多位于巫山县研究区,其他两个区县较少。2003年、2011年其他两个县样本村使用煤炭的户数之和分别仅为65户、47户。说明煤炭的使用具有较强的地区性,与地区资源条件密切相关。与其他几类能源相比,使用秸秆、液化气及沼气的户数较少。

表2 不同能源使用户数比例

Table 2 Percentages of households using different energy sources

年份 Year	薪柴 Firewood	秸秆 Straws	煤炭 Coal	液化气 Liquefied gas	电能 Power	沼气 Biogas
2003	89.46	18.92	41.58	2.07	91.13	0.20
2011	91.43	21.97	38.62	13.69	98.13	4.43

与2003年相比,农户并未因生活水平的提高而放弃传统生物质能源的使用,消费户数反而有所增加,超过91%的农户仍然在使用薪柴,这与我们的预期相反(表2)。商品能源中除煤炭外,液化气和电能使用户数的比例均有所增加,其中液化气增加的幅度较大,净增加了11.62%。使用电能的户数增加,主要是由于电网的普及,增强了电能的可获得性;而使用液化气的户数增加可能是由于液化气市场的发展及农户生活水平的提高。煤炭的使用户数有所减少。这可能存在两个方面的原因:一是随着生活水平的提高,农户对健康和环境越来越重视,倾向于使用较为清洁的商品能源;二是煤炭价格的上涨迫使农户转向替代能源,据农户反映,2003年研究区的煤炭价格约为200元/t,到2011年,已约为500元/t。使用沼气的户数比例依旧最低,但其增加幅度为6类能源中最高的,提高了21.15倍,因部分样本村实施了沼气示范工程。例如鹅冠村,政府分三年原价返还村民建设沼气花费,得到了农户积极地响应,增加了沼气在农村家庭能源中的比例。2011年,鹅冠村共调研77户,其中24户使用沼气,比例达31.17%。

1.3.2 家庭能源消费数量结构及变化

2003—2011年,农户逐渐减小薪柴等传统能源的消费量,增加高质商品能及新能源的消费量(表3)。薪柴在农村家庭能源消费中仍然占据绝对主导地位,但是,随着时间的推移,农户的人均薪柴消费量及比例均有显著下降,其中人均薪柴消费量下降幅度较大,由1140.28 kg标准煤下降到794.97 kg标准煤,下降幅度达到30%,年均下降3.785%。农户薪柴消费的比例也降低了3.46%,说明农户对于薪柴的依赖逐渐下降,而倾向于使用电能等清洁能源。商品能源中,人均煤炭消费的数量出现下降,由于下降幅度小于薪柴,煤炭占总能源比例略微上升。液化气及电能均呈现增加趋势:人均液化气消费量及比例分别增加了8.88、14倍,人均电能消费量及比例分别增加了1.67、2.67倍,这进一步验证了农户逐渐倾向使用高质商品能的判断。人均沼气消费量及比例增加幅度均为6类能源中最高的,分别提高了21.26、26.00倍。

表 3 家庭能源消费数量及结构变化

Table 3 Change of household energy consumption levels and structure

年份 Year	薪柴 Firewood		秸秆 Straws		煤炭 Coal		液化气 Liquefied gas		电能 Power		沼气 Biogas		合计 Total (Kg 标准煤)
	Kg 标准煤	比例	Kg 标准煤	比例	Kg 标准煤	比例	Kg 标准煤	比例	Kg 标准煤	比例	Kg 标准煤	比例	
2003	1140.28	87.09	25.32	1.93	133.21	10.18	0.43	0.03	9.80	0.75	0.23	0.02	1309.27
2011	794.97	83.63	21.83	2.96	98.27	10.34	4.25	0.45	26.17	2.75	5.12	0.54	950.61

2 农户薪柴消费理论分析

为了反映一个典型的农户的薪柴消耗,模型需做出一些假设和简化。首先,农户除了从事农业和非农业活动外,还必须自己采集薪柴,因为当地没有薪柴交易市场。同时,在农业生产方面,劳动力市场发育不完善,农忙时节往往通过亲戚和邻居的互助或换工来解决劳动力短缺的问题,很少雇工。为了简化,假设雇工和家庭劳动力能够互相替代,男女劳动力也能够互相替代。家庭会基于外出务工的成本以及外出务工对农业带来的影响等多个因素来决定外出务工的劳动力数量和外出务工的时间。

在这样的假设下,农户试图追求效用的最大化,包括需要消耗能源的商品(c_H),如烹煮的食品,热水或开水,其他消费的商品(c_M),以及休闲(c_L):

$$MaxU = U\left(\frac{c_M}{\sigma}, \frac{c_H}{\sigma}, c_L; Z^c\right) \quad (1)$$

式中, Z^c 是表示家庭特征的向量,包括家庭资产、人口规模、户主特征等;留在家的人口比例为 σ ($\sigma \leq 1$),这也代表了家庭的劳动力资源禀赋。外出务工成员的休闲时间对家庭的效用无影响。

需要消耗能源的商品,既可以消耗薪柴,也可以采用电能和其他洁净能源。

$$c_H = (c_{FW}, c_E; S) \quad (2)$$

式中, c_{FW} 指对薪柴的消耗量,而 c_E 指对电能和其他清洁能源的消耗量; S 指家庭拥有的电器和炉具,如电饭煲,燃气灶具等。

由于缺乏薪柴市场,薪柴的消费量必须等于采集量:

$$q_{FW} - c_{FW} = 0 \quad (3)$$

式中, q_{FW} 指采集的薪柴数量。

薪柴采集量是投入的薪柴采集时间(l_{FW})的函数:

$$q_{FW} = g_{FW}(l_{FW}; Z^n) \quad (4)$$

式中, Z^n 是反映薪柴采集难易程度的外生变量矩阵,如房屋到森林的距离。

家庭在购买商品和清洁能源时,受到预算约束,其支出不能超过家庭的收入,包括农业收入,非农收入,以及其他收入。预算约束如下:

$$p_M c_M + p_E c_E = p_{AG} q_{AG} + D((1 - \delta) * T; a) + E \quad (5)$$

式中, p_M , p_E 和 p_{AG} 分别是其他消费商品,电能等清洁能源以及农产品的市场价格向量; q_{AG} 是总的农产品量; $1 - \delta$ 代表了外出务工的人口比例; T 是家庭的可用于劳动和休闲的时间; D 是外出务工的收入,决定于外出务工的劳动力和外出务工的成本(a),如交通及生活成本; E 是家庭的其他收入,如政府的退耕还林补贴,种粮补贴。

农产品依靠家庭劳动力生产:

$$q_{AG} = g_{AG}(l_{AG}; Z^h) \quad (6)$$

式中, l_{AG} 是农户投入农业的时间; Z^h 是家庭拥有的农业生产的资产(耕地,牲畜,机械)。

农户将在家劳动力的时间合理地配置到农业,薪柴采集和休闲:

$$c_L = \delta T - l_{FW} - l_{AG} \quad (7)$$

可买卖的农产品,其他消费商品,电和其他清洁能源的价格是外生变量:

$$p_{AG} = \bar{p}_{AG}; p_M = \bar{p}_M; p_E = \bar{p}_E \quad (8)$$

此外,如下值均为非负:

$$i = FW, AG; j = L, FW, E, H, M; k = FW, AG \quad (9)$$

将公式(2), (3), (4), (5), (6), (7)和(8)插入(1),利用拉格朗日乘子得到如下公式:

$$L = U\left(\frac{c_M}{\sigma}, \frac{c_H}{\sigma}, c_L\right) - \lambda(p_{AG}g_{AG}(l_{AG}) + D((1-\delta)*T) + E - p_M c_M - p_E c_E) - u(c_H - f(g_{AG}(l_{AG}), c_E, S)) - \rho(\delta T - l_{FW} - l_{AG} - c_L) \quad (10)$$

通过求一阶导数得到如下公式:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{p_C}{\frac{\mu}{\lambda}} \quad (11)$$

$$\frac{U_1}{\delta U_3} = \frac{p_C}{\frac{\rho}{\lambda}} \quad (12)$$

$$\frac{\delta U_3}{U_2} = f_2 g_{FW}'(L_{FW}) = \frac{\frac{\rho}{\lambda}}{\frac{\mu}{\lambda}} \quad (13)$$

$$g'_{AG}(l_{AG}) = \frac{\frac{\rho}{\lambda}}{p_{AG}} \quad (14)$$

$$f_2 = \frac{\frac{p_E}{\mu}}{\frac{\mu}{\lambda}} \quad (15)$$

$$U_2 \frac{c_M}{\delta^2} + U_2 \frac{c_H}{\delta^2} = (-\lambda \frac{dD}{d\delta} + \rho) T \quad (16)$$

上述等式表明,农户做出生产和消费的决策时,需要消耗能源的商品的价格等于 $\frac{\mu}{\lambda}$,劳动力的影子价格等于 $\frac{\rho}{\lambda}$,这也代表了劳动时间在所有活动中的边际价值,或影子价格。在最优的决策中,劳动力从事任何活动的边际价值应该相等。

等式 11 表明,消费的其他商品的边际价值与需要消费能源的商品的边际价值的比率等于消费的其他商品的价格与消耗能源的商品的影子价格之比。等式 12 表明,消费的其他商品的边际价值与休闲的边际价值之比等于消费的其他商品的价格与休闲的影子价格之比。等式 13 表明,休闲的边际价值与消费的食品的边际价值之比等于两者的影子价格之比。

等式 13, 14 和 15 表明,每一项投入的边际产出等于每一项投入的边际成本。因此,采集薪柴的劳动力的边际产品的价值等于其边际投入的成本。投入农业的劳动力的边际产品等于劳动力的影子价格与农产品的价格之比。所消费的电能和其他清洁能源的边际产品等于电能和清洁能源的价格与消耗能源的商品的影子价格之比。等式 16 表明,一个外出务工劳动力的边际效用与在家的劳动力的劳动/休闲的边际效用一样。

因此,上述系列等式提供了一些有意义的认识。首先, $\frac{\rho}{\lambda}$ 代表了家庭所有活动的边际价值、影子价格或影子工资。在最优时,与每一项活动的边际效益是一致的。影子工资由一系列的因素决定,包括家庭的规模,

以及对消费和休闲的偏好。比如,大的家庭具有较多的劳动力供应,影子工资就较低,相应地薪柴的影子价格就低,因为薪柴采集与劳动力投入时间联系在一起。另外,如果偏好用薪柴烹煮的食品,就会通过提高采集薪柴的劳动力投入来提高影子工资。

根据上述一阶导数等式,薪柴采集的量取决于如下外生变量:

$$q_{FW} = f(S; Z^c; Z^v; Z^h; T; p_{AC}; p_M; p_E; D; \delta; E) \quad (17)$$

3 农户薪柴消费的影响因素分析

3.1 模型构建及变量选取

①模型构建。农户人均薪柴消费数量能直接反映人类活动对自然界作用力度的大小,反映农户生计类型对生态系统产生的压力,因此本文选用人均薪柴消费量作为因变量。在分析各因素对农户薪柴消费的影响时,由于存在部分农户没有使用薪柴的情况,使得其人均消费量为 0,若使用普通最小二乘法(OLS)估计会产生偏误,不能准确衡量各因素对农户薪柴消费的影响,而 Tobit 模型可以有效的估计因变量存在 0 值,且取正值时为连续变量的情况,故本文使用 Tobit 模型对影响农户薪柴消费的因素进行分析。Tobit 模型的一般表达式如下。

$$Y^* = \alpha + \sum_{j=1}^n \beta_j x_j + \varepsilon \quad (18)$$

$$Y = \begin{cases} Y^*, Y^* > 0 \\ 0, Y^* \leq 0 \end{cases} \quad \text{且 } Y^* \sim N(0, \sigma^2) \quad (19)$$

式中: α 为常数项; β_j ($j = 1, 2, 3, 4, \dots$) 为待估计参数; Y^* 为潜在变量, Y 表示归并后的因变量; ε 为误差项,服从标准正态分布。

②自变量选取。前面,本文对农户薪柴消费的需求进行了分析,阐明了农户作为“理性人”的微观经济主体,其消费薪柴是一种理性决策行为。但是,上述的理论模型只能说明农户消费薪柴的一种倾向及农户消费薪柴可能受到那些因素的影响,尚未能解释同为“理性人”的农户做出消费多少薪柴的决策行为,未能揭示农户个体薪柴消耗的主要驱动因素。因此,本文进一步对农户薪柴消费的影响因素做实证分析。根据以上理论分析可知,农户薪柴消费受到非农就业、家庭特征、家庭资产、经济特征及环境特征五个方面影响。五个方面包含许多指标,但考虑到各指标之间可能存在共线性问题,如非农收入与家庭总收入,农业劳动力比例与非农收入比例的 Person 相关系数分别为 0.848, -0.754。此外,一些指标会与因变量存在内生性问题,如家庭规模与人均薪柴消费量。从而,详细考虑影响农户薪柴消费的变量会造成模型的不稳定。因此,为保证模型稳定,输出结果可靠,本文在理论分析基础上,结合已有研究成果及农户实地调研情况首先选取了 10 个变量来体现以上五个方面,分别是农业劳动力比例、非农工资、户主年龄、户主教育程度、家庭电器数量、液化炉具、人均牲畜数量、其他收入(政府补贴、亲戚帮扶等)、沼气和离集市距离。此外,研究区地处山区,临近森林,同一样本村的农户采集薪柴受房屋离森林距离的影响小,而村的森林覆盖率能反映不同行政村的农户采集薪柴难易程度,因而,引入森林覆盖率变量。考虑到三个区县经济地理状况及能源禀赋状况存在差异,进一步引入经济发展较好且推广沼气政策的武隆县与经济发展较差但煤炭资源丰富的巫山县两个地区哑变量。

不同特征的自变量之间也可能存在共线性问题,因此,需要对变量进行多重共线性检验。多重共线性检验利用 Pearson 相关系数、容忍度(Tolerance)和方差膨胀因子(Variance Inflation Factor, VIF)。结果显示,巫山县与森林覆盖率之间的 Person 相关系数绝对值最高为 0.567 < 0.8,巫山县的容忍度最低为 0.430 > 0.1,其方差膨胀因子最高为 2.328 < 5,说明变量间不存在多重共线性问题,不会对分析造成影响。表 4 为 13 个自变量的描述性统计。

劳动力计算方法:只务农的劳动力,农业劳动力赋值为 1;只在农忙时务农,农业劳动力赋值 0.2,非农劳动力赋值 0.8,边工作边务农的劳动力,农业劳动力和非农劳动力各赋值 0.5;不务农的劳动力,非农劳动力赋

值 1。

表 4 影响因子的描述性统计

Table 4 Descriptive statistics of influencing factors

变量 Variable	变量含义 Variable meaning	平均值 Mean	标准差 Standard deviation.
农业劳动力比例 Percentage of rural labor fore	农业劳动力/总劳动力	0.62	0.29
非农工资 Off-farm wages	日非农工资和/家庭从事非农人数(元/天)	70.57	61.81
户主年龄 Age of household head	户主实际年龄(年)	54.51	12.37
户主教育程度 Education of household head	文盲=1,小学=2,初中=3,高(职)中=4,大专及以上=5	2.12	0.70
液化气炉具 Liquefied gas tank	拥有液化气炉具=1,否=0	0.21	0.41
家庭电器数量 Number of household appliances	家庭用于炊事、取暖、煮茶、烧水的电器总数量	1.96	1.20
人均牲畜饲养量 Livestock number per capita	总数量(1头猪=1只羊=1/3头牛)/总人口(头),折算成猪	1.92	4.08
其他收入 Others income	政府补贴及亲戚帮扶等之和/总人口(元)	2728.77	5364.49
沼气 Biogas	使用沼气=1,否=0	0.04	0.21
森林覆盖率 Forest coverage	村的森林覆盖率(%)	57.84	16.10
离集市距离 Distance to market	房屋离集市最近距离(km)	8.94	7.81
武隆县 Wulong country	武隆县=1,否=0	0.31	0.46
巫山县 Wushan country	巫山县=1,否=0	0.37	0.48

3.2 回归结果与分析

本文使用 Eviews5.0 统计软件对农户人均薪柴消费量的影响因素进行回归分析,计量结果如表 5。对影响农户人均薪柴消费量的因素具体分析如下:

表 5 薪柴消费的影响因素

Table 5 Influencing factors of firewood consumption per capita

变量 Variable	系数 Coefficient	Z 统计值 Z-Statistic
农业劳动力比例 Percentage of rural labor fore	913.729 ***	6.916
非农工资 Off-farm wages	-1.266 **	-2.287
户主年龄 Age of household head	11.258 ***	4.192
户主教育程度 Education of household head	-47.573	-0.975
液化气炉具 Liquefied gas tank	-94.105	-1.325
家庭电器数量 Number of household appliances	-64.585 **	-2.494
人均牲畜饲养量 Livestock number per capita	16.640 *	1.667
其他收入 Others income	-0.010 **	-2.058
沼气 Biogas	-350.143 ***	-3.186
森林覆盖率 Forest coverage	4.009	1.376
离集市距离 Distance to market	9.874 *	1.849
武隆县 Wulong country	-510.011 ***	-4.579
巫山县 Wushan country	-1148.791 ***	-10.742
常数 Constant	323.797	1.071

*、** 和 *** 分别表示在 0.1、0.05 和 0.01 的水平下显著

农业劳动力比例对人均薪柴消费量有显著正向影响,表明农户家庭从事农业生产的程度越高,薪柴消费的数量会越多。非农工资对人均薪柴消费量影响显著且系数为负值,表明提高非农工资水平能降低人均薪柴消费量。因此,非农就业有利于减少研究区农户人均薪柴消费量。

户主年龄对人均薪柴消费量有显著正向影响,即户主年龄越大,人均薪柴消费量越高。这是因为年龄较大的户主获取非农就业的机会较少,且能源消费观念相对传统,节约意识强,为减小家庭开支,仍然会保持使

用薪柴的习惯,从而造成人均薪柴消费量较高。户主教育程度对人均薪柴消费量影响不显著,可能是因为研究区户主的教育程度主要为小学、初中水平,相互之间差异不大,但系数为负值,表明户主教育程度越高,人均薪柴消费量越低,这与常识相符。

家庭电器数量对人均薪柴消费量有显著负向影响,即家庭电器数量越多,人均薪柴消费量越低。电饭煲、电热水器等电器用于炊事、煮茶等方面,对薪柴具有较强的替代性,从而家庭电器数量越多,人均薪柴消费量越低。液化气炉具对人均薪柴消费影响不显著,但系数为负值,表明拥有液化气炉具的农户,人均薪柴消费量低,这与常识相符。人均牲畜数量对人均薪柴消费量有显著正向影响,即家庭牲畜数量养殖越多,薪柴消费越高。这是因为研究区农户煮牲畜饲料需要的能源以薪柴为主,牲畜数量越多,薪柴消耗量越大。

其他收入对人均薪柴消费量有显著负向影响,表明其他收入越高,农户人均薪柴消费越低。其他收入主要来自政府补贴、亲戚帮扶两种途径,因而,获得其他收入的农户家庭生活状况相对较差。因此,其他收入越高,越能减轻农户家庭生活负担,有利于减小薪柴消费量。

沼气对人均薪柴消费有显著负向影响,表明使用沼气有助于薪柴替代。这是因为沼气在炊事、煮牲畜饲料等方面,对薪柴具有较强的替代作用。村的森林覆盖率对人均薪柴消费有正向影响,符合预期结果,但影响不显著。这可能是因为,研究区的森林覆盖率整体较好,不同典型村的农户获取薪柴的难易程度差异较小。房屋离集市距离和县级哑变量能在空间上反映替代能源价格、可获得性对农户的影响,且三者均对人均薪柴消费量有显著影响。房屋离集市越远,农户获取液化气等商品能源的成本越高,对薪柴的依赖程度越大,从而人均薪柴消费量高。武隆县研究区商品能源市场虽相对缺乏,但经济发展较好,政府也推行过沼气政策,从而武隆县哑变量与薪柴消费呈负相关;巫山县研究区经济发展虽相对落后,但煤炭资源丰富,液化气市场也相对健全,从而巫山县哑变量与薪柴消费量呈负相关。

4 讨论与政策建议

农业劳动力向非农就业转移能促进薪柴替代。这与 Manning^[24]和 Wang 等^[7]研究的结论一致。但是,在具体的作用机制上,研究结论与他们的又有所差别。研究认为非农就业不仅通过减少采集薪柴的劳动力、家庭牲畜饲养量及农户家庭食物消耗量,也通过增强高质商品能、新能源的消费意识,来促进薪柴替代的。Manning 认为非农就业是通过农村人口迁移以减少获取薪柴资源的劳动力来实现薪柴替代的。Wang 等认为非农就业是通过增加薪柴收集的机会成本、加快农业专业化和减少农村家庭能源消费量来实现薪柴替代的。论文与 Shi 等得出的结论不一致,其研究结果显示,在贫穷的农村地区,非农就业并不能促进农村能源利用的转型^[17]。这可能是由于两者的研究区域在经济发展水平及能源禀赋上存在差别,Shi 等的研究区域是特别贫穷的江西省上朱村(Shangzhu Village),该区 2000 年的农民人均年收入仅为 1024 元,不到当年全国平均水平的一半,且商品能源可获得性差。而本文的研究区域虽地处西南贫困山区,但 2011 年农户生活水平有一定提高,且商品能源可获得性较好。可见,不同学者、不同的研究区域得出的结论均有所不同,这可能与研究区的具体情况或者指标的选取有关。

目前关于农民收入与能源消费的关系也进行了大量研究,但各学者尚未达成一致。一些学者认为人均有效能与人均收入没有明显的相关关系,农户收入增加对薪柴及其他传统生物质能源的消费量几乎没有影响^[18, 25-26]。然而,许多学者的研究结果认为家庭收入对薪柴消费具有显著的负向作用,增加农户收入水平能加快薪柴替代^[15, 27-28]。事实上,中国农村家庭收入水平的提高主要得益于非农就业。论文进一步将收入因素细化,发现提高非农就业工资能加快薪柴替代,这表明务农机会成本越高,薪柴替代速度越快。此外,政府补贴、亲戚帮扶也有助于减小农户家庭薪柴消费。

在能源的可获得性上,Chen 等^[21]和邵秀军^[28]的研究发现房屋离薪柴林的距离对农户日薪柴采集量或消耗量影响不显著且系数符号为正。研究结论与已有结论一致,发现薪柴获取的难易程度对农户薪柴消费量无显著影响,但是回归结果显示森林覆盖率与农户人均薪柴消费量呈正相关,即,森林覆盖率越高,农户人均薪

柴消费越高,较为符合常识。房屋离县城距离近,液化气等商品能源可获得性强,农户薪柴消费低^[28]。研究结果也发现提高替代能源可获得性能加快薪柴替代,即房屋离集市距离与薪柴消费呈显著正相关,煤炭资源丰富的巫山县研究区与薪柴消费呈显著负相关。在其他因素上,户主年龄、沼气政策及电器等家庭资产对薪柴消费的影响与绝大部分学者得出的结论一致^[15, 28-29]。

研究结论对于制定有效的薪柴替代政策,促进重庆市森林植被的恢复具有重要的现实意义。改革开放以来,虽然我国政府实行了一系列的造林、林业保护政策,但是却未关注到农户生计类型的变化对于森林转型的重要作用。由于转移农业劳动力及提高非农就业工资均能加快薪柴替代,因此,政府应通过一系列措施,加快农村劳动力析出的规模和速度,实现农村薪柴消耗数量的进一步减少。具体包括:培养农地流转市场,促进农业产业化和规模化生产,发展农业生产合作社,提高农业生产率,将更多的人从土地中解放出来;推进工业化和城镇化,加快东部地区的产业转移,支持发展乡镇企业,为留守农民非农就业创造条件;加强山区教育培训,强化农民的就业技能,提高农民非农就业的能力。鉴于其他收入对薪柴替代具有重要作用,政府应进一步完善农村养老保障制度。再者,电器能刺激农户消费电能来加快薪柴替代,因此,政府应加大家电下乡补贴支持力度。最后,提高商品能的可获得性和实施沼气政策能够促进薪柴替代,但多数商品能源消费会造成严重的空气污染,且不利于能源的可持续利用,因此,政府应着力推广沼气等新能源,不断完善新能源建设补贴政策,提高农户使用新能源的技能。

5 结论

本文通过构建农户薪柴消费模型,以 1015 份农户调研数据为基础,分析重庆市农村家庭能源消费的选择及变化。并利用 Tobit 模型,定量分析人均薪柴消费量的影响因素。得到如下结论:①农户家庭逐渐增大对高质能源和新能源的使用,但是并没放弃使用传统能源,薪柴依旧是农户普遍使用的能源类型,且消费量占总能量的比重高。②通过降低农业劳动力比重和提高非农工资水平两种途径,非农就业能显著降低农户人均薪柴消费量。③控制变量对薪柴消费也具有显著影响。户主年龄、房屋离集市距离及人均牲畜饲养量对人均薪柴消费量均有显著正向影响,而家庭电器数量、其他收入、沼气、哑变量武隆县和巫山县对人均薪柴消费量均有显著负向影响。

参考文献 (References):

- [1] Liu G, Lucas M, Shen L. Rural household energy consumption and its impacts on eco-environment in Tibet: Taking Taktse county as an example. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2008, 12(7): 1890-1908.
- [2] Bruce N, Perez-Padilla R, Albalak R. Indoor air pollution in developing countries: A major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization*, 2000, 78(9): 1078-1092.
- [3] Pandey R. Domestic burning of fuelwood in a subsistence Tribal economy of lower Himalayas, India: Some implications based on exploratory analysis. *Small-scale Forestry*, 2012, 11(1): 119-130.
- [4] Ping X G, Jiang Z G, Li C W. Status and future perspectives of energy consumption and its ecological impacts in the Qinghai-Tibet region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(1): 514-523.
- [5] Bluffstone R A. The effect of labor market performance on deforestation in developing countries under open access: An example from rural Nepal. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1995, 29(1): 42-63.
- [6] Heltberg R, Arndt T C, Sekhar N U. Fuelwood consumption and forest degradation: A household model for domestic energy substitution in rural India. *Land Economics*, 2000, 76(2): 213-232.
- [7] Wang C C, Yang Y S, Zhang Y Q. Rural household livelihood change, fuelwood substitution, and hilly ecosystem restoration: Evidence from China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, 16(5): 2475-2482.
- [8] Wang X H, Feng Z M. Rural household energy consumption with the economic development in China: Stages and characteristic indices. *Energy Policy*, 2001, 29(15): 1391-1397.
- [9] 李秀峰, 徐晓刚. 我国农村生活能源消费研究. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010.
- [10] Zhou Z R, Wu W L, Wang X H, Chen Q, Wang O. Analysis of changes in the structure of rural household energy consumption in northern China:

- A case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, 13(1): 187-193.
- [11] Li Z M, Tang R S, Xia C F, Luo H L, Zhong H. Towards green rural energy in Yunnan, China. *Renewable Energy*, 2005, 30(2): 99-108.
- [12] Cai J, Jiang Z G. Energy consumption patterns by local residents in four nature reserves in the subtropical broadleaved forest zone of China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 14(2): 828-834.
- [13] Lillemo S C, Halvorsen B. The impact of lifestyle and attitudes on residential firewood demand in Norway. *Biomass and Bioenergy*, 2013, 57: 13-21.
- [14] Peng W Y, Hisham Z, Pan J H. Household level fuel switching in rural Hubei. *Energy for Sustainable Development*, 2010, 14(3): 238-244.
- [15] 梁育填, 樊杰, 孙威, 韩晓旭, 盛科荣, 马海龙, 徐勇, 王传胜. 西南山区农村生活能源消费结构的影响因素分析——以云南省昭通市为例. *地理学报*, 2012, 67(2): 221-229.
- [16] 程川, 陈蓓, 任绍光. 重庆农村不同家庭能源消费研究. *可持续能源*, 2004, 117(5): 26-28.
- [17] Shi X P, Heerink N, Qu F T. The role of off-farm employment in the rural energy consumption transition — A village-level analysis in Jiangxi Province, China. *China Economic Review*, 2009, 20(2): 350-359.
- [18] Dovie D B K, Witkowski E T F, Shackleton C M. The fuelwood crisis in southern Africa — Relating fuelwood use to livelihoods in a rural village. *GeoJournal*, 2004, 60(2): 123-133.
- [19] Wang C C, Yang Y S, Zhang Y Q. Economic development, rural livelihoods, and ecological restoration: Evidence from China. *Ambio*, 2011, 40(1): 78-87.
- [20] Komatsu S, Ha H D, Kaneko S. The effects of internal migration on residential energy consumption and CO₂ emissions: A case study in Hanoi. *Energy for Sustainable Development*, 2013, 17(6): 572-580.
- [21] Chen L, Heerink N, van den Berg M. Energy consumption in rural China: A household model for three villages in Jiangxi Province. *Ecological Economics*, 2006, 58(2): 407-420.
- [22] 张程. 重庆农村生物质能利用的现状与发展对策初探. *资源节约与环保*, 2000, (5): 54-56
- [23] Zhang X B, Yang J, Wang S L. China has reached the lewis turning point. *China Economic Review*, 2011, 22(4): 542-554.
- [24] Manning D T, Taylor J E. Migration and fuel use in rural Mexico. *Ecological Economics*, 2014, 102: 126-136.
- [25] Démurger S, Fournier M, 施晓磊, 潘雪涛. 贫困-环境假说: 来自中国北方一个村镇的证据. *世界经济文汇*, 2005, (1): 11-26.
- [26] 乔召旗. 西部贫困地区农村发展替代能源研究——基于滇西北的问卷调查. *农业技术经济*, 2010, (4): 78-85.
- [27] 杨振. 农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例. *生态学报*, 2011, 31(1): 239-246.
- [28] 郇秀军. 西部山区农户薪柴消费的影响因素分析. *中国农村经济*, 2011, (7): 85-96.
- [29] 周曙东, 崔奇峰, 王翠翠. 农牧区农村家庭能源消费数量结构及影响因素分析——以内蒙古为例. *资源科学*, 2009, 31(4): 696-702.