

董梅,徐璋勇.农村家庭能源消费结构及影响因素分析——以陕西省1303户农村家庭调查为例[J].农林经济管理学报,2018,17(1):45-53.

农村家庭能源消费结构及影响因素分析

——以陕西省1303户农村家庭调查为例

董梅^{1,2,3},徐璋勇^{1,2*}

(1.西北大学 中国西部经济发展研究中心,陕西 西安 710127;2.西北大学 经济管理学院,陕西 西安 710127;3.江苏师范大学 商学院,江苏 徐州 221116)

摘要:基于1303户农户调查数据,比较陕西不同地区农村家庭能源消费水平和消费结构,并对影响农村家庭能源消费的因素进行分析。研究表明:受地理特征和资源禀赋影响,陕西省3个地区的农村家庭能源消费结构存在显著差异。陕南农户倾向使用柴薪秸秆,陕北农户倾向使用煤炭,关中农户使用电的比例较高。农户使用沼气和太阳能比例偏低。农户受教育水平的提高、家庭中打工人数比例的增加、低碳意识的增强都使农户更多的选择商品性能源,同时增加对清洁能源的使用。政府推广对扩大清洁能源使用起到重要作用。建议政府应加大低碳宣传,大力推广清洁能源,并根据不同地区的地理和资源条件制定能源发展战略。

关键词:农村家庭;能源消费;能源结构;低碳意识;清洁能源

中图分类号:F323.21

文献标志码:A

文章编号:2095-6924(2018)01-0045-09

DOI: 10.16195/j.cnki.cn36-1328/f.2018.01.006

Energy Consumption Structure of Rural Households and Influencing Factors: Based on 1303 Rural Households in Shaanxi

DONG Mei^{1,2,3}, XU Zhang-yong^{1,2}

(1.Center for Studies of China Western Economic Development, Northwest University, Xi'an 710127, China; 2.School of Economics & Management, Northwest University, Xi'an 710127, China; 3.School of Business, Jiangsu Normal university, Xuzhou 221116, China)

Abstract: Energy consumption levels and structures of rural household in different regions of Shaanxi in 2015 were compared through household survey studies, and factors influencing such consumption were analyzed. The study results show that obvious differences exist in rural households of three regions in energy consumption structures. Rural households in South Shaanxi tend to use firewood straws and are at the first level of the energy ladder; Those in North Shaanxi prefer coal are at the second level of the energy ladder; those in Central Shaanxi adopt electricity are at the third level of the energy ladder. Very few rural households use marsh gas and solar energy. Enhancing rural households' education level, increasing the number of migrant

收稿日期:2017-08-06 修回日期:2017-11-02

基金项目:中国清洁发展机制基金赠款项目(2014017)和江苏省教育厅高校哲学社会科学基金项目(2016SJD790026)

作者简介:董梅(1980—),女,讲师,博士生,主要从事低碳经济研究, E-mail: dongmeixz@163.com; *通信作者:徐璋勇,教授,博士,博士生导师, E-mail: xbdx568@163.com。

workers in households and strengthening low-carbon awareness prompt rural households to prefer commercial energy and use more clean energy. As the government plays an important role in expanding the use of clean energy it should strengthen low-carbon publicity and spare no effort to promote clean energy and formulate energy development strategies according to geographical and resource conditions in different regions.

Key words: rural household; energy consumption; energy structure; low-carbon awareness; clean energy

一、引言与文献综述

随着经济的快速发展与城镇化进程的加快,农村能源消费需求大幅增加。然而在农村地区,居民日常炊事依靠直接燃烧柴薪秸秆、牲畜粪便和煤炭等用能方式仍然非常普遍,这不仅造成大量能源浪费,对环境产生污染,而且给人们的健康带来危害。2014年中国人均生活使用能源346千克标准煤,城镇居民人均生活用能从2005年的288千克标准煤增加到2014年的364千克标准煤,农村居民在这一时期从155千克标准煤增加到325千克标准煤,10年间农村能源消费增长速度已超过城镇居民,并逐渐与城镇居民缩小差距。农村家庭能源消费需求在短期内必然呈上升趋势,因此农村居民能源使用结构优化是减少二氧化碳排放的重要途径。2014年陕西生活消费原煤463.61万吨,油品合计消费93.26万吨,其中农村居民对以上两种能源的消费比重为56%(259.39万吨)和26.5%(24.74万吨)。这可以看出,陕西农村居民原煤消费已超过城镇居民,而且农村居民对柴薪秸秆等生物质能源的使用情况并未纳入统计,而煤炭和柴薪秸秆直接燃烧是二氧化碳的重要来源,由此可见农村居民生活用能对生态环境和气候变化的负面影响已不能忽视,因此在农村地区加快发展清洁能源,通过政策引导优化农户的能源使用结构显得愈发重要。本研究通过问卷调查对陕西农村居民能源使用结构的现状进行分析,为农村能源结构优化提供实证依据。

农村能源消费的早期研究多关注能源消费结构的演进,如Smith等^[1]提出“能源阶梯”(Energy Ladder)模型。Hosier^[2]认为能源阶梯模型一般分为3个阶段:第一阶段,农户主要依赖生物质能源;第二阶段,随着收入水平有所提高,农户转向使用煤和木炭等过度型能源;第三阶段,随着收入水平的进一步提高,农户更多的使用电力。Cai和Jiang^[3]通过对中国城镇和农村家庭的能源消费评估也证实了“能源阶梯”的理论预测。近年来,关于农村能源消费研究角度更为多元。Defries等^[4]研究印度的城市和农村家庭从传统能源转向现代燃料的速度,Overend^[5]介绍发展中国家做饭和取暖过程中大量使用生物质能源对环境的影响,Yang^[6]通过研究找出中国农村家庭的部分不合理能源消耗并提出解决方案,Wang和Zhang^[7]研究认为发展中国家高收入地区的人均间接能源下降最快。

近年国内学者对中国农村能源消费的研究大致分为三类视角:第一类,以省级农村能源统计为依据,对我国农村能源消费空间格局分布和时间分布特征进行研究。例如李光全等^[8]认为我国农村能源消费水平以华北-西南地区为轴线向两边逐渐递减的态势;张力小等^[9]认为农村家庭的商品能源消费比重稳步上升,生物质能源已不占主导地位。第二类,以农户实地调查数据为依据,对农村能源消费结构和消费意愿进行研究,如周曙东等^[10]、朱建春等^[11]、刘静等^[12]、吴伟光等^[13]、史清华等^[14]、王效华等^[15]、仇焕广等^[16]均通过构建农村能源消费模型,探索农户能源消费的变动规律和特点。第三类,对农村单项能源消费特点的分析。如彭武元等^[17]对农户的通电和用电行为,以及农村工业企业用电行为进行分析,王飞等^[18]和蔡亚庆^[19]等对农户沼气发展的现状及使用效率进行研究,并给出单项能源的消费特征。

以上文献中,以农户样本数据为依据的研究更能反应农户在家庭能源消费中的真实情况与意愿。已有文献多以农户家庭特征、经济特征和地域特征作为分析农户能源消费行为的影响因素进行模型构建,并没有将农户的主观意愿(例如农户的低碳意识程度和选择能源的考虑因素)纳入影响因素进行分析。本文采用2015年陕西省3个地区的1303户农村家庭能源消费调研数据,对农村家庭能源消费特点进行分析,将农户的主观意愿量化,再结合农户家庭基本特征、家庭经济特征、地理特征维度等共4个维度构建3个计量模型,比较影响农村家庭能源消费行为的因素特点。

二、数据来源与描述性分析

(一) 数据来源及说明

本研究数据来自2016年1—2月由西北大学“陕西省‘十三五’应对气候变化规划思路研究”课题组针对陕西农户的大规模实地调查。该调查选取陕北地区10个县、关中地区20个县、陕南地区10个县,共计40个县,每个县随机选取50户农村家庭进行调查,共发放问卷2000份,就农户在2015年的家庭经济及社会特征、能源消费状况和消费意愿情况进行调查及访谈,最终经严格审核,得到有效问卷为1303份,有效回收率为65%。其中,来自陕北、关中和陕南的有效问卷分别为25.2%、47.8%和26.9%(表1)。样本数目较大,能够代表陕西农村家庭能源使用情况。

(二) 陕西农村家庭收入与能源消费的水平及结构

根据调研数据,陕西农村2015年家庭收入平均为45955元(表1)。在家庭收入来源中,经营性收入的比重为47.3%,农业收入是农户经营性收入的主要组成部分。工资性收入的比重为46.7%,打工收入是农户工资性收入的重要组成部分。农户的财产和转移性收入比重仅为5.1%。分地区来看,陕北、关中和陕南农户家庭收入分别为58010.7元、39955.6元和42543.1元,家庭收入与家庭人口数正相关。经营性收入比重最高的地区是陕北(52.3%),其次是关中(51.4%),比重最低的是陕南(35.2%)。工资性收入最高的地区为陕南(58.6%),其次为关中(45.1%),再次为陕北(37.1%)。陕北地区农户的财产和转移性收入为9.7%,显著高于其他两个地区。

表1 陕西省农村家庭收入和能源消费结构

n = 1303

| 类型 | | 全省 | 陕北 | 关中 | 陕南 |
|----------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| 样本数/户 | | 1303 | 329 | 623 | 351 |
| 家庭收入/元 | | 45955.0 | 58010.7 | 39955.6 | 42543.1 |
| 家庭收入来源结构 | 经营性收入/% | 47.3 | 52.3 | 51.4 | 35.2 |
| | 工资性收入/% | 46.7 | 37.1 | 45.1 | 58.6 |
| | 财产和转移性收入/% | 5.1 | 9.7 | 2.9 | 4.8 |
| 能源消费结构 | 能源消费总支出/元 | 3493.4 | 3723.5 | 3624.1 | 3048.73 |
| | 电/% | 28.8 | 24.2 | 30.0 | 31.5 |
| | 煤炭/% | 18.7 | 21.4 | 19.9 | 13.3 |
| | 成品油/% | 29.3 | 37.2 | 29.8 | 19.5 |
| | 天然气或液化气/% | 6.1 | 5.0 | 6.8 | 6.0 |
| | 太阳能/% | 8.3 | 5.5 | 8.1 | 11.7 |
| | 柴薪秸秆/% | 7.6 | 5.6 | 5.0 | 15.4 |
| | 地热能/% | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |
| | 其他/% | 0.8 | 0.7 | 0.2 | 2.4 |
| 私家车拥有量 | 0辆/% | 65.1 | 58.4 | 67.9 | 66.4 |
| | 1辆/% | 29.2 | 35.2 | 26.8 | 27.6 |
| | 2辆/% | 3.8 | 4.9 | 3.2 | 4.0 |
| | 3辆及以上/% | 0.7 | 1.5 | 0.5 | 0.3 |
| 能源消费占生活总消费比例/% | | 5.1 | 7.4 | 4.8 | 3.9 |

注:因问卷中各项题目都有不同程度的无回答率,各结构子项比例之和大多小于100%

从能源消费结构看,陕西农户2015年能源消费平均为3493.4元,占家庭生活总消费的5.1%。其中成品油支出和电费支出最多,分别占能源消费额的29.3%和28.8%。煤炭消费占能源消费的18.7%,天然气(液化气)消费占能源消费的6.1%。太阳能消费统计了2015年农户购买安装太阳能设备和设备维护的支出,该支出占能源支出的8.3%。柴薪秸秆是农村传统的可再生能源,多为农作物的副产品且

价格低廉,该消费额的确定是由农户自行估计其价格得出,柴薪秸秆消费占能源消费 7.6%。分地区来看,陕北农户家庭能源消费最高,其次是关中,陕南能源消费最低。3 个地区能源消费支出分别占家庭生活总消费的 7.4%、4.8%和 3.9%。从能源结构来看,陕北农户对成品油(37.2%)和煤炭(21.4%)的消费比重显著高于关中和陕南,这与陕北化石能源丰富有关。陕南地处秦巴山区,柴薪秸秆资源丰富,该资源的消费比重(15.4%)远高于陕北和关中。3 个地区的成品油消费量与私家车拥有量高度相关,陕北地区 41.6%的农户家庭拥有私家车(包括 1 辆及以上私家车),而关中和陕南这一指标分别为 30.5%和 31.9%,因此私家车使用是陕北农户成品油消费较高的主要原因。

(三) 陕西农村家庭能源使用结构

农村家庭能源消费除了车辆使用成品油外,主要用途是做饭、取暖和照明。以这 3 个用途来划分(表 2),在做饭使用能源时,40.7%的农户使用柴薪秸秆,其次 24.9%的农户使用电,使用天然气(液化气)和煤炭的农户分别占 18.3%和 13.1%。作为农村大力推广的沼气使用率很低,仅为 1.7%。分地区来看,陕南地区 61.5%的农户做饭时选择柴薪秸秆,这一比例显著高于陕北和关中。关中地区农户做饭选择用电的比例最高(37.4%),而陕北农户做饭选用煤炭的比例(28.6%)是关中农户(9.5%)的 3 倍,是陕南农户(5.1%)的 5.5 倍。农村家庭取暖使用量最多的能源是煤炭(59.2%),其次是柴薪秸秆(20.2%),再次是用电(12.5%)。分地区分析,陕北和关中农户用煤炭取暖使用的比例分别为 65.7%和 64%,该比例显著高于陕南(44.7%)。陕南使用柴薪秸秆取暖的比例较高(38.5%)。关中农户使用电取暖的比例(18.9%)远高于其他地区。农户用电进行生活照明的用能选择基本一致。根据农户使用能源的结构可以得出两个结论:第一,电、柴薪秸秆和煤炭是陕西农户使用频率最高的 3 种能源,能够代表陕西农村家庭的主要能源消费类型;第二,陕北地区农户使用煤炭较多,关中地区农户使用电较多,陕南农户使用柴薪秸秆较多,这与农户所处的地理特征、能源丰富程度相关。

表 2 陕西农村家庭生活能源使用结构

| 用途 | | 全省/% | 陕北/% | 关中/% | 陕南/% |
|----|----------|------|------|------|------|
| 做饭 | 沼气 | 1.7 | 1.2 | 2.1 | 1.4 |
| | 煤炭 | 13.1 | 28.6 | 9.5 | 5.1 |
| | 柴薪秸秆 | 40.7 | 34.9 | 32.1 | 61.5 |
| | 天然气(液化气) | 18.3 | 18.5 | 18.5 | 17.9 |
| | 电 | 24.9 | 14.3 | 37.4 | 12.5 |
| | 太阳能 | 0.2 | 0.9 | 0.0 | 0.0 |
| 取暖 | 沼气 | 0.8 | 0.3 | 1.0 | 0.8 |
| | 煤炭 | 59.2 | 65.7 | 64.0 | 44.7 |
| | 柴薪秸秆 | 20.2 | 18.5 | 10.7 | 38.5 |
| | 天然气(液化气) | 1.9 | 4.3 | 1.8 | 0.0 |
| | 电 | 12.5 | 1.8 | 18.9 | 11.1 |
| | 太阳能 | 1.5 | 3.0 | 1.0 | 0.9 |
| 照明 | 电 | 95.0 | 91.2 | 97.6 | 94.0 |

(四) 农户选择能源的考虑因素

农村家庭选择能源时更多考虑经济因素(表 3),对于新型能源的政府推广、技术支持以及环境保护的因素考虑很少。在选择能源时,农户考虑的第一因素是价格低廉(54.3%),第二因素是方便取得(44%),第三因素是大量推广(26.7%),这与农村家庭经济水平和地理特征相关。农村家庭比城镇家庭的经济水平低,居住也较为分散,因此价格低廉和方便取得是农户选择能源的主要考虑因素。对于新型清洁能源(如沼气、太阳能等),政府需加大推广力度,并通过补贴等方式有效降低这类能源的初装价格,提高农户获得能源的便捷程度,这样才能有效的扩大这类能源的使用范围。

表3 农村家庭选择能源考虑的因素

| 因素类别 | 价格低廉/% | 方便取得/% | 大力推广/% | 有补贴获奖励/% | 技术支持完备/% | 利于保护环境/% |
|------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|
| 第一因素 | 54.3 | 34.7 | 4.8 | 1.8 | 1.6 | 1.8 |
| 第二因素 | 27.7 | 44 | 9.6 | 8.3 | 4.5 | 3.7 |
| 第三因素 | 8.8 | 11.1 | 26.7 | 18.4 | 12.4 | 14 |

注:对6个考虑因素进行赋值,即“价格低廉”=1,“方便取得”=2,“大力推广”=3,“有补贴获奖励”=4,“技术支持完备”=5,“利于保护环境”=6,即为表4中FAC的取值

三、变量选取与模型选择

(一) 变量选取

农村能源消费分析,包括能源消费水平、能源消费结构、能源选择的种类等角度,这些指标都与农户的家庭基本特征、家庭经济特征、农户主观因素,以及农户居住的地理特征有关。因此,在构建影响农村能源消费模型时,考虑上述4个维度的指标作为影响农户能源消费模型的解释变量(表4)。

表4 主要变量描述性统计

| 变量名称 | 单位(说明) | 表示 | 均值 | 标准差 | 最大值 | 最小值 | |
|--------|------------------|-----------|-----|-----------|-----------|------------|----------|
| 被解释变量 | 家庭能源消费支出 | 元/户 | EN | 3 501.57 | 3 971.21 | 53 000.00 | 100.00 |
| | 商品性能源消费占能源总消费的比重 | 相对指标 | CP | 0.62 | 0.25 | 1.00 | 0.00 |
| | 是否使用污染性能源 | (1=是 0=否) | PO | 0.55 | 0.50 | 1.00 | 0.00 |
| 家庭基本特征 | 户主受教育程度 | 有序变量[1-5] | EDU | 3.13 | 1.28 | 5.00 | 0.00 |
| | 家庭人口数 | 人 | NUM | 4.63 | 1.44 | 12.00 | 1.00 |
| | 打工人数比重 | 相对指标 | WOP | 0.28 | 0.24 | 1.00 | 0.00 |
| | 拥有土地面积 | u | FAR | 12.49 | 20.47 | 333.00 | 0.20 |
| 家庭经济特征 | 家庭收入 | 元/户 | INC | 45 955.00 | 35 692.43 | 150 000.00 | 7 500.00 |
| | 家庭生活消费支出 | 元/户 | OUT | 33 471.84 | 42 412.89 | 347 500.00 | 2 000.00 |
| 农户主观因素 | 低碳意识程度 | 取值范围[1-4] | AWA | 2.33 | 0.59 | 4.00 | 0.00 |
| | 能源选择考虑因素 | 取值范围[1-6] | FAC | 2.16 | 0.55 | 4.80 | 0.00 |
| 地区虚拟变量 | 陕北 | (1=是 0=否) | NOR | — | — | — | — |
| | 陕南 | (1=是 0=否) | SOU | — | — | — | — |

注:①低碳意识程度AWA为逆指标,数值越低表示低碳意识越强。②能源选择考虑因素FAC数值越小,表示农户倾向考虑家庭因素,数值越大表示农户倾向考虑政府推广因素。③为避免虚拟变量设定会产生多重共线性,地区虚拟变量只列出了陕北和陕南;u为单位面积,取u=667 m²

解释变量的4个维度中,第一个维度,家庭基本特征包括四项指标:户主受教育程度(EDU)、家庭人口数(NUM)、打工人数比重(WOP)、拥有土地面积(FAR)。其中EDU为有序变量,分为5级,1为小学以下,5为大专及以上,数值越高表示受教育程度越高。WOP是家庭中打工人数占家庭总人数的比重。FAR变量为家庭拥有耕地、林地、鱼塘和草地之和。第二个维度,家庭经济特征包括:家庭收入(INC)、家庭生活消费支出(OUT)。第三个维度,农户主观因素包括两个指标:低碳意识程度(AWA)和能源选择考虑因素(FAC)。其中AWA是四项问题得分的平均值,原问卷调查农户对“可持续发展”“低碳农村”“农业循环经济”和“清洁能源”4个概念的了解程度,1=很了解,2=了解一些,3=细节不清楚,4=不了解,5=不关心,将农户对每个概念的选择数值进行简单平均(即每个概念的得分都赋以0.25的权重),即为农户AWA的综合分值,该数值越低表示低碳意识越强。FAC是加权平均指标,问卷中对农户选择能源的因素给出6个选项以及对应得分(表3),将权重0.5赋以农户选择能源的第一因素,0.3和0.2分别赋以第二、第三因素,由此将农户选择每个因素的得分值进行加权平均得到FAC,FAC的数值

越小,表示农户越倾向考虑家庭因素。农户对环境保护因素的选择率很低,且第三因素的权重也较低,因此 FAC 的数值越大主要代表政府的推广因素。第四个维度 地区虚拟变量列出了陕北 (NOR) 和陕南 (SOU) 根据虚拟变量的设置规则 3 个类别只能加入两个虚拟变量,当“陕北=0”并且“陕南=0”时表示关中地区。

(二) 模型设定

1. 能源消费水平模型 分析影响农村家庭能源消费支出的影响因素 采用多元回归对数模型 记为模型 1,设定如下:

$$\ln EN_i = \alpha_0 + \sum \alpha_j X_{ij} + \varepsilon_{1j} \quad (1)$$

式(1)中被解释变量的 EN 为家庭能源消费支出,用以反应农户生活能源消费的总体水平, X_{ij} 为解释变量组 $i=1, 2, \dots, 1303; j=1, 2, \dots, 10$; 包括 4 个维度 10 个变量(表 5)。经过模型估计对比 将 EN , INC 和 OUT 取对数后进行拟合效果更好。 ε_{1j} 为扰动项 表示不可观测的因素 α_0 和 α_j 为待估参数 i 表示每个农户样本。

2. 能源消费结构模型 根据能源需求的“阶梯性”特征 随着收入水平提高 能源消费结构逐渐从传统能源转向舒适性更高的现代商品性能源^[17]。以往文献有将商品性能源定义为“电力+液化气”^[13] 或定义为“煤炭+电力+成品油+液化气”。本研究将商品性能源限定为“电力+成品油+天然气(液化气)”。虽然煤炭也属于流通领域大量消费的能源,但其在农村家庭消费中存在可替代性,且煤炭燃烧会排放大量二氧化碳,因此从降低碳排放的角度考虑,本研究未将煤炭划入商品性能源。成品油燃烧也排放二氧化碳,但其用途主要是车辆燃油,且现阶段燃油的替代性有限,所以本研究将成品油划归为商品性能源。能源消费结构模型记为模型 2,设定如下:

$$CP_i = \beta_0 + \sum \beta_j X_{ij} + \varepsilon_{2j} \quad (2)$$

式(2)中的 CP 为商品性能源消费(电力、成品油和天然气支出之和)占家庭能源总消费的比例。 X_{ij} 为解释变量组 $i=1, 2, \dots, 1303; j=1, 2, \dots, 10$ 。 ε_{2j} 为扰动项 β_0 和 β_j 为待估参数 $i=1, 2, \dots, 1303; j=1, 2, \dots, 10$ 。

3. 能源选择模型 农村家庭生活中,用电照明具有很强的便捷性,取暖选择能源需要考虑时间的持续性,以上两种用途对能源选择有一定的限制。相对比,农村居民在做饭方面对能源的选择自由度更大。本研究从农户做饭使用能源是否排放大量二氧化碳的角度,将能源分为两类:第一类是污染型能源,包括柴薪秸秆、煤炭;第二类是清洁能源,包括电力、天然气(液化气)、沼气、太阳能。徐礼德^[20]认为我国农村清洁能源主要包括太阳能、沼气、风力发电、微型水电、生物质能等,这与本文清洁能源的范畴略有不同,而污染型能源的范围相对明确,因此能源选择模型将被解释变量设定为农户“是否使用污染型能源”。

能源选择模型采用二元选择模型形式。常用的二元选择模型有 Logit 模型和 Probit 模型,区别有两点:第一,Logit 模型的随机扰动项服从逻辑分布,Probit 模型的随机扰动项服从标准正态分布;第二,Logit 模型的条件概率比 Probit 模型以更慢的速度趋近于 0 或 1,即 Logit 模型累计分布曲线更为平坦。除此以外,这两个模型十分类似,且两种模型估计的系数可以进行粗略的相互转化^①,而 Logit 模型的估计系数更易解释。本文经拟合对比后选择 Logit 模型对农户的能源选择行为进行估计。

设 $PO=1$ 为选择污染型能源 $PO=0$ 为不选择污染型能源 P_i 表示选择污染型能源的概率,这一概率与 X_{ij} 解释变量组的因素有关 模型如下:

$$P_i = E(PO = 1 | X_{ij}) = 1 / [1 + e^{-(\gamma_0 + \sum \gamma_j X_{ij})}] \quad (3)$$

$$L_i = \ln(P_i / 1 - P_i) = \gamma_0 + \sum \gamma_j X_{ij} + \varepsilon_{3j} \quad (4)$$

由式(3)-(4)可知, $(P_i / 1 - P_i)$ 是选择污染型能源和不选择这种能源的几率比,通常用 $\exp(\gamma_j)$ 来衡量,式(3)为非线性函数,将其取自然对数转换为式(4),该式即为 Logit 模型形式 L_i 对解释变量组 X_{ij} 和参数都是线性的 ε_{3j} 为随机扰动项 $i=1, 2, \dots, 1303; j=1, 2, \dots, 10$ 。

①达摩达尔 N 古扎拉蒂《计量经济学基础(第四版)》,中国人民大学出版社,2005,第 576 页介绍了 Logit 模型和 Probit 模型估计系数的转化。

四、结果与分析

表 5 列出模型 1—模型 3 的估计结果。其中,模型 1 和模型 2 采用多元回归分析,模型拟合较好,多数解释变量系数显著,且所有系数符号符合预期。由于原始变量为截面数据类型,因此调整后的拟合优度系数 $Jus.R^2$ 并不高,但从 F 统计量来看,解释变量组整体对被解释变量的影响是显著的。模型 3 的整体拟合程度 $McF.R^2$ 为 0.125,似然比 LR_stat 统计量显著,表明解释变量组整体上能够对能源的选择行为进行解释。以下分别从解释变量的 4 个维度对农村家庭消费影响进行分析。

表 5 陕西省农村家庭能源消费影响因素的模型估计结果

| 变量 | | lnEN | CP | L_i | |
|-----------|-------|-------------------|--------------------|--------------------|------------|
| | | $\alpha_j(t)$ | $\beta_j(t)$ | $\gamma_j(z)$ | |
| 家庭基本特征 | EDU | -0.044** (-2.082) | 0.014** (2.107) | -0.223*** (-3.713) | 0.800 |
| | NUM | 0.083*** (4.610) | 0.007(1.360) | 0.041(0.805) | 1.042 |
| | WOP | -0.271** (-2.549) | -0.085*** (-2.643) | -0.529* (-1.768) | 0.589 |
| | FAR | -0.003** (-2.281) | 0.000(0.634) | 0.019*** (3.378) | 1.019 |
| 家庭经济特征 | lnINC | 0.264*** (8.027) | 0.050*** (5.038) | -0.243*** (-2.627) | 0.784 |
| | lnOUT | 0.236*** (7.566) | -0.002(-0.242) | -0.222** (-2.543) | 0.801 |
| 农户主观因素 | AWA | -0.101** (-2.238) | -0.047*** (-3.446) | 0.314*** (2.442) | 1.369 |
| | FAC | 0.133*** (2.879) | -0.000(-0.030) | -0.700*** (-5.053) | 0.497 |
| 地区虚拟变量 | NOR | 0.025(0.374) | -0.071*** (-3.553) | 0.876*** (4.622) | 2.401 |
| | SOU | -0.099(-1.604) | -0.020(-1.080) | 0.864*** (4.959) | 2.374 |
| C 常数 | | 2.502*** (5.964) | 0.182(1.431) | 5.814*** (4.785) | - |
| $Jus.R^2$ | | 0.202 | 0.058 | $McF.R^2$ | 0.125 |
| F_stat | | 26.074*** | 7.079*** | LR_stat | 170.571*** |

注:①*、**、*** 分别代表统计检验的显著性水平为 0.1、0.05 和 0.01。②模型 1 与模型 2 采用 OLS 估计,系数显著性水平标注为 t 统计量;模型 3 采用 Logit 模型估计,系数显著性水平标注为 z 统计量

1.家庭基本特征对能源消费的影响 家庭基本特征中,对 3 个模型都有显著影响的因素有户主受教育程度和打工人数比例。其中,户主受教育程度每增加一级,农户家庭能源消费减少 4%,家庭商品性能源消费的比例增加 1%,选择使用清洁能源的概率是不选择该能源的 1.25 倍 ($1/0.8 = 1.25$)。家庭中打工人数的比重增加,则家庭使用污染型能源的概率降低,即更多的使用清洁能源。而同时,家庭能源消费水平和商品性能源的比例也会降低,笔者认为这与打工人员在城镇居住时的能源消费未统计进入农村家庭能源消费额有关。除以上两个因素外,家庭人数的增加对能源消费水平有正向影响,家庭拥有土地面积与选择污染型能源有微弱的正比关系,即家庭土地每增加 0.07 公顷,选择污染型能源的概率是不选择该能源的 1.02 倍,因家庭土地拥有数量越多,柴薪秸秆的量就越多,农户选择柴薪秸秆的概率略高。

2.家庭经济特征对能源消费的影响 家庭收入对能源消费水平和选择商品性能源都有正向影响。家庭收入每增加 1%,能源消费随之增加 0.26%,家庭商品性能源的消费比重增加 5%,农户选择清洁能源的概率是不选择该能源概率的 1.28 倍 ($1/0.784 = 1.28$)。这一结论符合“能源阶梯”理论,随着农村家庭收入水平的提高,能源消费结构转向舒适程度更高的商品性能源。家庭生活消费支出对能源消费支出也是正向的,随着生活消费支出的增加,家庭选择清洁能源的概率也会增加。

3.农户主观因素对能源消费的影响 由于低碳意识程度 AWA 是逆指标,AWA 越低表示低碳意识越强。低碳意识增加一级,会使能源消费水平增加 10%,使商品性能源的消费比例增加 5%,选择清洁能源的概率是不选择该能源的 1.37 倍。由此可以看出,低碳意识的增加并不能降低能源消费的水平,但会显著影响能源消费结构。FAC 为农户选择能源考虑因素的量化指标,FAC 越大表示农户越关注政府

对能源的推广程度。随着农户对能源推广因素关注的增加,能源消费水平也会增加,农户选择清洁能源的概率也显著增加($1/0.497=2.01$)。这说明政府推广能够显著影响农户对清洁能源的选择。

4. 地区因素对能源消费的影响 3 个地区农户的能源消费水平无显著差异,但能源消费结构差异显著。陕北农户商品性能源消费比重比关中和陕南低 7%。在选择能源方面,陕北和陕南农户更倾向于选择污染型能源,这一结论与表 2 中所示,陕北农户倾向使用煤炭,关中农户倾向使用电,陕南农户倾向使用柴薪秸秆的结果一致。

四、结论与建议

通过对 2015 年陕西 1 303 户农村家庭的实地调研,比较分析了陕北、关中、陕南 3 个地区农户的能源消费水平和能源使用结构,并对影响农户能源消费的因素构建模型分析。结果表明:①成品油、煤炭、柴薪秸秆和电是陕西农户的主要能源消费种类;沼气和太阳能等清洁能源的使用率偏低;农户对成品油的使用与私家车拥有情况相关。②受经济水平和居住分散的制约,能源的价格低廉和方便取得是农村家庭选择能源的主要考虑因素,而对环境保护的因素考虑极少。③在农户家庭基本特征中,户主受教育水平的提高和家庭中打工人数比重的增加会增加农户选择商品性能源的比例;在家庭经济特征中,家庭收入上升会增加能源消费水平,并更多选择商品性能源,家庭支出上升会使农户更多选择清洁能源;在农户主观因素特征中,低碳意识的增强,不会降低能源消费水平,但会更多选择清洁能源,政府推广能有效扩大清洁能源使用范围。④受地理特征和资源禀赋的影响,3 个地区农村家庭的能源选择都比较多元,但仍存在显著差异。陕南农户倾向使用柴薪秸秆,处于能源阶梯的最低级;陕北地区农户使用煤炭的比例较高,处于能源阶梯的第二级;关中地区农户使用电的比例较高,处于能源阶梯的第三级。

随着农村家庭生活水平的不断提高和城镇化步伐的加快,农村能源消费水平的增加趋势是刚性的,但通过相关政策引导,农村家庭使用能源的结构可以不断优化,在提高农村能源服务便捷程度的同时,有效减少二氧化碳排放。以下结合影响气候变化的因素考量和农村清洁能源的推广,提出农村能源结构政策的建议:

(1) 加大农村低碳宣传力度,提高农户低碳意识程度。农村居民低碳意识的增强,确实有助于降低对污染型能源(柴薪秸秆、煤炭)的使用,增加对清洁能源的选择。低碳宣传应注重引导农户对环境保护和清洁能源利用的关注,这将有效减少农村二氧化碳排放。

(2) 政府加大对清洁能源的推广,提高农户使用比例。现阶段农村家庭对沼气、太阳能等能源的使用比例仍然偏低,政府应充分发挥其职能,在适合条件的地区加大推广,且后续的技术支持和售后服务配套提供。政府还可以通过对农户进行经济补贴等方式,提高农户清洁能源的消费比例,使农户真正从选择清洁能源中受益。

(3) 根据不同地区的地理和资源条件制定能源发展战略。陕北地区化石能源资源丰富,但需要提高农户对这类能源的使用效率,同时应在该地区大力推广太阳能设备的使用。关中地区作物秸秆等生物质能源丰富,可在推广户用沼气的同时,加大生物质发电的建设投入。陕南地区水利和生物质能源都比较丰富,可在增加户用沼气的推广时,增加小型水电厂的建设,在减少污染型能源燃烧排放二氧化碳,以更为清洁的方式满足当地的农村家庭能源需求。

参考文献:

- [1] Smith K R, Apte M G, Ma Y, et al. Air pollution and the energy ladder in Asian cities [J]. *Energy*, 1994, 19(5): 587-600.
- [2] Hosier R H. Energy ladder in developing nations [J]. *Encyclopedia of Energy*, 2004: 423-435.
- [3] Cai J, Jiang Z. Changing of energy consumption patterns from rural households to urban households in China: An example from Shaanxi Province of China [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2008, 12(6): 1667-1680.
- [4] Defries R, Pandey D. Urbanization, the energy ladder and forest transitions in India's emerging economy [J]. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 130-138.
- [5] Overend R P. Biomass energy heat provision for cooking and heating in developing countries [J]. Springer New York, 2013:

328-342.

- [6] Yang Z, Si P, Rong X, et al. A survey on energy consumption in rural households in three regions of China [J]. Springer Berlin Heidelberg 2014(263): 545-551.
- [7] Wang W, Zhang M. Direct and indirect energy consumption of rural households in China [J]. Natural Hazards 2015, 79(3): 1-13.
- [8] 李光全, 聂华林, 杨艳丽, 等. 中国农村生活能源消费的空间格局变化 [J]. 中国人口·资源与环境 2010, 20(4): 29-34.
- [9] 张力小, 胡秋红, 王长波. 中国农村能源消费的时空分布特征及其政策演变 [J]. 农业工程学报 2011, 27(1): 1-9.
- [10] 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 [J]. 资源科学, 2009, 31(4): 696-702.
- [11] 朱建春, 李荣华, 张增强, 等. 陕西农村家庭能源结构与能源消费意愿研究 [J]. 干旱地区农业研究 2011, 29(5): 235-241.
- [12] 刘静, 朱立志. 我国农户能源消费实证研究——基于河北、湖南、新疆农户的调查数据 [J]. 农业技术经济 2011(2): 35-40.
- [13] 吴伟光, 刘强, 谢涛, 等. 自然保护区周边农户家庭生活能源消费需求——基于浙江和陕西的实证分析 [J]. 农业技术经济 2012(5): 43-49.
- [14] 史清华, 彭小辉, 张锐. 中国农村能源消费的田野调查——以晋黔浙三省2253个农户调查为例 [J]. 管理世界 2014(5): 80-92.
- [15] 王效华, 郝先荣, 金玲. 基于典型县入户调查的中国农村家庭能源消费研究 [J]. 农业工程学报 2014, 30(14): 206-212.
- [16] 仇焕广, 严健标, 江颖, 等. 中国农村可再生能源消费现状及影响因素分析 [J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2015, 17(3): 10-15.
- [17] 彭武元, 潘家华. 农村电力需求的影响因素——基于湖北省抽样调查的经验分析 [J]. 中国农村经济 2008(6): 66-73, 80.
- [18] 王飞, 蔡亚庆, 仇焕广. 中国沼气发展的现状、驱动及制约因素分析 [J]. 农业工程学报 2012, 28(1): 184-189.
- [19] 蔡亚庆, 仇焕广, 王金霞, 等. 我国农村户用沼气使用效率及其影响因素研究——基于全国五省调研的实证分析 [J]. 中国软科学 2012(8): 58-64.
- [20] 徐礼德, 仝允恒. 中国农村清洁能源发展分析及建议 [J]. 中国人口·资源与环境 2011, 21(7): 20-27.

(责任编辑: 廖彩荣, 英摘校译: 吴伟萍)