

我国农村生活能源消费现状、 发展趋势及决定因素分析 ——基于四省两期调研的实证研究

仇焕广¹, 严健标², 李登旺¹, 韩 炜³

(1. 中国人民大学 农业与农村发展学院 北京 100872; 2. 中国科学院 农业政策研究中心 北京 100101;
3. 中国国际电子商务中心 北京 100006)

摘 要: 促进农村能源消费结构优化和可再生能源利用对缓解我国能源安全和减少环境污染具有重要意义。本文基于 4 省 409 户农户的两期实地调查数据, 研究了我国农村生活能源消费现状、发展趋势及其决定因素。研究表明, 我国农村生活能源消费仍以秸秆和薪柴等传统生物质能为主, 尽管其所占比例呈明显下降趋势, 但仍占生活能源消费的 60% 以上; 电能、燃煤、燃气等化石能源消费快速上升; 太阳能、沼气等新型能源发展较快, 但所占比例依然较低。计量经济模型估计结果表明, 收入水平和劳动力成本是影响农村生活能源消费的决定性因素, 能源市场发育程度、户主受教育程度和非农就业经历、家庭人口结构特征等因素对农村生活能源消费也具有重要影响。

关键词: 农村能源; 消费结构; 发展趋势; 决定因素

中图分类号: F323. 214 文献标识码: A 文章编号: 1002-9753(2015)11-0028-11

Residential Energy Consumption in Rural China: Current Situation and Determinants for Future Trend ——An Empirical Study Based on Filed Survey Data of 4 Provinces

QIU Huan-guang¹, YAN Jian-biao², LI Deng-wang¹, HAN Wei³

(1. School of Agricultural Economics and Rural Development, Renmin University of China, Beijing 100872, China;
2. Center for Chinese Agricultural Policy, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
3. China International Electronic Commerce Center, Beijing 100006, China)

Abstract: Promoting the renewable energy development and optimizing the energy consumption structure in rural China is of great importance to improve China's energy security and alleviate environment pollution from energy consumption. Based household survey data collected from 4 provinces in 2009 and 2013, this study analyzes the current situation and determinants for future trend of residential energy consumption in rural China. The results show that traditional energies such as crop residue and wood are still the main energies consumed in rural China which takes more than 60

收稿日期: 2015-08-25 修回日期: 2015-11-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(71473255 和 71222302)。

作者简介: 仇焕广(1976-) 男, 山东青岛人, 中国人民大学农业与农村发展学院教授, 博士生导师, 理学博士, 研究方向: 农业经济理论与政策、资源与环境政策。

percent of overall rural residential energy consumption although it has been decreasing both in absolute volumes and in percentage in recent years. The consumption of commercial energies such as electricity ,petrol oil and gas ,and new renewable energies resources has been increasing rapidly in rural China. Results from statistical analysis and econometric regression show that household income and labor cost are major factors affecting the residential energy consumption in rural China. Other factors ,such as to the development of local energy market ,education and experience of nonagricultural work of household head ,and the demographic characteristics of the household also have significant impacts the rural energy consumption. Policy recommendations are provided based on the results.

Key words: Rural energy; Consumption structure; Development trend; Determinants

一、引言

随着我国工业化和城镇化的快速发展 ,能源需求迅速增长 ,能源安全和传统化石能源使用引发的环境污染问题日益突出。国家统计局数据显示 2012 年我国能源消费总量为 36.17 亿吨标准煤 ,其中能源净进口达 5.92 亿吨标准煤 ,占能源消费总量的 16.37%。随着未来我国经济的发展 ,能源安全压力将进一步增加。国际能源署的研究表明 ,到 2020 年 ,我国石油进口量将达到国内总需求量的 77% ,到 2030 年将达到 84%^[1]。与此同时 ,传统能源消费的大幅增加也使环境污染和温室气体排放等问题愈加严重^[2]。能源安全及其带来的环境问题已成为继粮食安全问题后影响我国战略安全的另一重要因素。

虽然农村生活能源消费占我国总体能源需求的比例较低 ,但其增长速度显著高于我国能源总体需求增长率。2000 年以来 ,我国农村居民人均生活用能年均增长 11.0% ,同期城市居民人均生活用能增速仅为 5.0%^[3]。一些研究表明 ,随着农村居民收入水平的提升和生活方式的转变 ,家庭能源消费还将保持快速增长 ,能源消费结构也将发生显著变化^[4]。目前 ,我国农村生活能源消费仍然以秸秆、薪柴等传统生物质的直接燃烧为主 ,粗放的能源使用方式不仅导致能源使用效率低下 ,也导致了大量的环境污染问题^[5-6]。太阳能和沼气等可再生能源虽然发展较快 ,但在农村生活能源消费中所占比例很低^[7]。深入分析我国农村生活能源消费的现状、发展趋势及其影响因素对制定农村能源发展政策、保障我国整体能源安全和减少环境污染具有重要意义。

虽然国内外学者对我国生活能源的利用现状和影响因素开展了一些研究 ,但大多只分析了某

类能源的消费 ,由于不同类型的农村生活能源消费存在明显的相互影响 ,仅对单一能源展开分析可能导致研究结论偏误^[8-9]。另外 ,已有研究大多基于对部分区域的小规模的调查数据展开分析^[6,10] ,这也影响了研究结论在其它区域的适用性。本文基于全国较大规模抽样调查数据 ,对我国农村地区生活能源消费状况、发展趋势进行研究 ,并利用计量经济模型对影响我国农村生活能源消费的因素进行定量分析。全文共分为四个部分 ,第一部分是引言 ,第二部分介绍我国农村生活能源消费现状及演变趋势 ,第三部分通过统计分析和计量模型估计 ,分析影响我国农村发展的主要因素 ,第四部分是本文的研究结论与政策启示。

二、我国农村生活能源消费现状及变化趋势

(一) 数据来源及说明

本文的数据源于作者 2008 年和 2012 年对吉林、陕西、山东、浙江四个省 409 户农户的两期实地跟踪调研(表 1)。实地调研采用分层随机抽样的方法选取样本省、县、乡镇、村和农户。首先 ,考虑地区代表性和经济发展水平 ,选取了山东、陕西、吉林、浙江四个省;其次 ,在每个省按县人均收入高、中、低三层各随机抽取一个县;第三 ,在每个县随机选取了 2 个乡镇、每个乡镇随机选取 2 个村、每个村随机选取 12 户农户进行实地调查。第一期调研共获得有效问卷 570 份 ,第二期追踪的农户为 480 户。由于部分农户对个别生活能源消费量的估计存在困难 ,两期调研中各类数据均被完整获得的样本为 409 户 ,占追踪样本(480 户)的 85.2%。通过家庭收入等因素的分析表明 ,损失的样本与有效样本之间不存在显著差异 ,因此 ,本研究所采用的 409 户有效样本具有较好的代表性。

表 1 2008 和 2012 年两期有效调查样本的分布情况

省	县	乡镇	村	农户
山东	3	6	12	100
陕西	3	6	11	102
吉林	3	6	12	102
浙江	3	6	11	105
合计	12	24	46	409

调研问卷分为农户和村级两类,农户问卷主要包括:(1)家庭生活能源的使用状况,包括各类能源的消费数量、消费用途、被访者对可再生能源的认识等;(2)农户家庭的基本情况,如人口和劳动力的数量和结构、年龄、受教育程度等;(3)家庭农业生产情况,如主要作物的播种面积、薪柴和秸秆的产量、畜禽养殖数量及粪便处理状况等;(4)家庭收入与财产状况,包括农业和非农收入、家庭资产情况,如住房与耐用物品的数量与市场价格等。村级问卷主要调查内容包括:(1)村的基本情况,如总人口、总劳动力、耕地面积、人均纯收入、到县城、乡镇以及集贸市场的距离和交通状况等;(2)村的农业生产及非农工作情况,包括作物种植结构、非农就业等;(3)村内企业发展、专业合作经济组织发展等。

(二)农村生活能源的消费现状与发展趋势

我国农村家庭生活消费的能源主要包括电能、煤、燃气(液化石油气、煤气、天然气)、燃油(汽油)、薪柴、秸秆、沼气和太阳能等。根据各类能源是否可再生以及实际使用情况,本文在分析中把农村生活能源进行了分类。首先根据是否可再生,分为不可再生能源和可再生能源两大类。不可再生能源主要包括:燃煤、燃油、燃气等化石能

源、和电能。由于电能属于二次能源,并且目前我国仍以火力发电为主,本文在分析中将电能归入不可再生能源。可再生能源包括:秸秆、薪柴等传统生物质能源、以及太阳能和沼气等新型可再生能源。

我国农村人均生活能源消费总量呈小幅下降趋势,其中占主导地位的传统生物质能消费数量和比例大幅下降,电能、化石能和新型可再生能源消费快速增长。调查数据表明,2012 年所调查四个省份的农村人均生活用能总量为 514.04 千克标准煤,比 2008 年略有下降,降幅为 0.39%(表 2)。进一步的分析表明,农村人均生活用能的下降主要是由于使用效率较高的电能和石化能源等代替了使用效率较低的传统生物质能源。例如,2012 年农村人均生活用的传统生物质能从 2008 年的 408.56 千克标准煤下降为 323.45 千克标准煤,降幅为 20.83%;农村人均生活消费化的石能、电能、新型可再生能源分别从 2008 年的 75.13、23.07、9.31 千克标准煤上升到 120.37、43.81、26.41 千克标准煤,增幅分别为 60.21%、89.91%和 183.68%。

从农村人均生活能源消费结构来看,尽管传统生物质能消费量明显下降,但它仍是我国农村的主要生活能源,占 2012 年农村人均生活能源消费总量的 62.92%;化石能、电能、新型可再生能源消费量分别占总能源消费量的 23.42%、8.52%和 5.14%。虽然我国农村人均生活能源消费量在 2008 到 2012 年间略有下降,但随着高效的商品能源和新型可再生能源逐步替代利用效率较低的传统生物质能源,我国农村人均生活能源的有效使用量将保持上升趋势。

表 2 2008 和 2012 年我国农村人均生活能源消费数量 (单位: 千克标准煤/人; %)

年份	项目	总量	不可再生能源			可再生能源		
			小计	电能	化石能	小计	传统生物质能	新型可再生能源
2008	数量	516.07	98.20	23.07	75.13	417.87	408.56	9.31
	比例	100.00	19.03	4.47	14.56	80.97	79.17	1.80
2012	数量	514.04	164.18	43.81	120.37	349.85	323.45	26.41
	比例	100.00	31.94	8.52	23.42	68.06	62.92	5.14
	变化率	-0.39	67.19	89.91	60.21	-16.28	-20.83	183.68

数据来源: 作者调查

各地区农村生活能源消费数量差异较大,北方地区传统生物质能消费较多,南方地区电能、化石能和新型可再生能源发展较快。2012年四个调研省份吉林、陕西、浙江、山东的农村人均生活能源消费数量分别为688.01、485.37、449.41、433.68千克标准煤。北方地区能源消费相对较多,这可能与其气温较低、冬季供暖能源需求较大有关。除浙江省外,大部分农村地区仍以传统生物质能为主。化石能和电能是各地农村生活能源的重要组成部分,其中浙江的化石能消费已超过

传统生物质能成为主导能源。2012年浙江省农村人均消费化石能157.11千克标准煤,人均电能消费量也达到了85.58千克标准煤,远高于其它三省。随着传统生物质能源消费量的大幅下降,吉林、陕西、山东的农村生活能源消费总量均呈下降趋势。在化石能和电能消费增长的带动下,浙江省农村人均生活能源消费总量呈现明显的上升趋势,2012年其农村人均生活能源消费量达到449.41千克标准煤,比2008年上升35.87%(表3)。

表3 2008和2012年调研四省农村人均生活能源消费数量 (单位:千克标准煤/人)

省份	年份	总量	不可再生能源			可再生能源		
			小计	电能	化石能	小计	传统生物质能	新型可再生能源
山东	2008	469.78	69.05	22.07	46.97	400.74	390.98	9.76
	2012	433.68	122.16	31.65	90.51	311.51	295.82	15.69
陕西	2008	543.30	147.45	8.45	139.00	395.85	395.05	0.79
	2012	485.37	216.48	16.95	199.53	268.89	261.02	7.86
吉林	2008	724.99	42.24	21.42	20.82	682.75	682.40	0.35
	2012	688.01	72.26	39.61	32.66	615.74	610.90	4.84
浙江	2008	330.76	132.49	39.83	92.66	198.27	172.41	25.86
	2012	449.41	242.69	85.58	157.11	206.72	131.15	75.57
四省平均	2008	516.07	98.20	23.07	75.13	417.87	408.56	9.31
	2012	514.04	164.18	43.81	120.37	349.85	323.45	26.41

数据来源:作者调查

各省农村人均生活能源消费在结构上存在明显差异,这可能与当地的资源条件和经济发展程度等因素相关。作为农业大省,吉林和山东2008年的传统生物质能消费分别占农村能源人均消费总量的94.13%和83.22%,2012年分别下降到88.79%和68.21%。陕西和浙江2008年也以传统生物质为主导能源,分别占两省农村人均生活能源消费的比例为72.71%和52.13%,2012年则分别下降到53.78%和29.18%。各地区电能、化石能、新型可再生能源等都呈现明显的增长趋势。以经济较为发达的浙江省为例,2008年,其农村人均生活电能、化石能和新型可再生能源所占比例分别为12.04%、28.02%和7.82%,而在2012年分别增长到19.04%、34.96%和16.82%(表4)。

三、我国农村生活能源消费的影响因素分析

为了进一步分析我国不同区域农村生活能源

消费差异的原因及可能的发展趋势,本文进一步对影响我国农村生活能源消费的因素展开分析。研究首先将农村人均生活能源消费与家庭经济水平、劳动力成本、家庭耕地面积等可能的影响因素进行统计分析,在此基础上,建立计量经济模型系统分析不同因素对农村能源消费数量和消费结构的影响。

(一) 影响农村居民生活能源的相关因素分析

农村人均生活能源消费与收入水平呈现明显的相关性。统计结果表明,当人均家庭财产低于1万元时,电能、化石能、传统生物质能和新型可再生能源的人均年消费量分别为19.15、68.39、418.48和4.93千克标准煤(表5)。随着人均财产水平上升,传统生物质能消费量显著减少,电能、化石能和新型可再生能源消费量显著增加。当人均财产水平高于3万元时,传统生物质能源消

表 4 2008 和 2012 年调研四省农村人均生活能源消费结构 (单位: %)

省份	年份	总量	不可再生能源			可再生能源		
			小计	电能	化石能	小计	传统生物质能	新型可再生能源
山东	2008	100.00	14.70	4.70	10.00	85.30	83.22	2.08
	2012	100.00	28.17	7.30	20.87	71.83	68.21	3.62
陕西	2008	100.00	27.14	1.56	25.58	72.86	72.71	0.15
	2012	100.00	44.60	3.49	41.11	55.40	53.78	1.62
吉林	2008	100.00	5.83	2.95	2.87	94.17	94.13	0.05
	2012	100.00	10.50	5.76	4.75	89.50	88.79	0.70
浙江	2008	100.00	40.06	12.04	28.02	59.94	52.13	7.82
	2012	100.00	54.00	19.04	34.96	46.00	29.18	16.82
四省平均	2008	100.00	19.03	4.47	14.56	80.97	79.17	1.80
	2012	100.00	31.94	8.52	23.42	68.06	62.92	5.14

数据来源: 作者调查

费量下降为 230.67 千克标准煤,电能、化石能和新型可再生能源消费量分别增加至 63.99、160.32、43.92 千克标准煤。但是,不同财产水平组的能源消费总量并没有统一的趋势,这可能是不同能源消费结构的差异导致。

农业劳动力成本也可能是农户人均生活能源的消费数量和结构的影响因素。数据显示,单月农业劳动力价格在 1000 元以内时,电能、化石能、传统生物质能和新型可再生能源的人均年消费量分别为 17.36、71.77、433.70 和 6.00 千克标准煤(表 5)。随着劳动力成本上升,传统生物质能消费量显著减少,其它能源的消费量明显增加。当单月工资上升到 2000 元以上时,传统生物质能源人均年消费量下降到 286.23 千克标准煤,电能、化石能和新型可再生能源消费量分别增加至 75.83、166.40、44.27 千克标准煤。

农户家庭生活能源消费与当地能源市场的发育程度以及家庭的农业生产结构密切相关。从理论上来讲,村委到县城或集贸市场距离越远,农户获取商品能源的成本越大,消费商品能源的数量可能越少。另外,如果农户家庭自身的农作物面积越大,秸秆的产量和可获取量越大,消费生物质能越多,进而替代其它能源。表 5 的统计分析结果显示,当村委到农贸市场距离在 1 公里以内时,电能、化石能、传统生物质能的人均年消费量分别为 48.66、119.58、286.90 千克标准煤;当距离大于 5

公里时,电能和化石能分别显著减少至 22.65、87.69 千克标准煤,传统生物质能显著增加至 432.66 千克标准煤。当人均秸秆类作物面积小于 1 亩时,传统生物质能的人均年消费量分别为 218.66 千克标准煤;当该面积大于 3 亩时,传统生物质能消费量大幅上升至 608.49 千克标准煤,而电能、化石能和其它可再生的新能源消费量下降。

农户人均生活能源消费也可能受到家庭人口特征的影响。表 5 的统计数据显示,农村人均生活能源消费可能具有规模效应,家庭住家人口规模越大,人均消费量越少。例如,当家庭人口数量小于或等于 3 人时,人均能源消费量为 716.89 千克标准煤,而当家庭人口大于 5 人时,人均生活能源消费量则下降为 314.45 千克标准煤。由于秸秆、薪柴的收集以及沼气的生产和维护都需要投入较多劳动力,家庭劳动力比例越高,这些能源的消费数量明显上升。此外,人均能源消费数量可能还受到家庭人口年龄结构、受教育程度等因素的影响。例如,当家庭平均年龄低于 35 岁时,人均生活能源消费数量仅为 453.79 千克标准煤,而当家庭的平均年龄大于 50 岁时,人均生活能源消费数量明显上升到 837.52 千克标准煤。(表 5)。

(二) 影响农村生活能源消费因素的计量经济模型分析

上面的相关性分析结果表明,我国农村家庭生活能源消费可能与农户家庭经济水平、劳动力

表5 农村生活能源消费量与可能影响因素的关系 (单位: 千克标准煤/人)

变量	样本(户)	总量	电能	化石能	传统生物质能	新型可再生能源
家庭人均财产水平(万元/人)						
< = 1	323	510.95	19.15	68.39	418.48	4.93
1 - 3	283	529.64	24.67	84.39	407.49	13.09
> 3	212	498.89	63.99	160.32	230.67	43.92
村农业劳动力价格(元/人·月)						
< = 1000	294	528.82	17.36	71.77	433.70	6.00
1000 - 2000	410	487.62	31.67	97.29	339.65	19.02
> 2000	114	572.73	75.83	166.40	286.23	44.27
村委到最近农贸市场距离(公里)						
< = 1	284	476.14	48.66	119.58	286.90	21.01
1 - 5	244	503.02	26.01	84.30	378.86	13.85
> 5	290	561.14	22.65	87.69	432.66	18.14
家庭人均秸秆类作物面积(亩/人)						
< = 1	361	428.00	40.68	138.12	218.66	30.55
1 - 3	251	488.72	22.01	77.01	378.91	10.79
> 3	206	696.66	31.67	52.28	608.49	4.22
家庭住家人口规模(人)						
< = 3	299	716.89	45.98	122.70	525.28	22.93
3 - 5	399	422.57	27.06	84.74	294.66	16.12
> 5	120	314.45	18.23	78.85	206.37	11.00
劳动力占家庭总人口比例(%)						
< 50	217	432.08	24.25	80.14	312.56	15.12
50 - 75	338	508.50	37.51	113.51	338.88	18.60
> = 75	263	589.57	33.42	92.03	444.96	19.16
家庭户主受教育程度						
小学及以下	402	529.57	27.21	80.41	408.64	13.30
初中	334	491.12	37.32	99.15	334.56	20.09
高中及以上	82	533.77	40.57	177.05	285.05	31.10
家庭成员平均年龄(岁)						
< = 35	347	453.79	28.40	87.87	323.37	14.15
35 - 50	343	454.88	34.62	88.46	311.71	20.09
> 50	128	837.52	39.08	149.45	627.08	21.92

数据来源: 作者调查

机会成本、获得能源难易程度、家庭人口特征等方面因素有关。但是,单因素分析没有控制其他因素的影响,无法将不同因素对农村地区能源消费的影响分离出来。因此,本文进一步建立计量经济模型,系统估计不同因素对我国农村地区生活能源消费的影响。

1. 模型设定与变量选择

已有农村能源消费方面的研究大多采用单期

调研数据,并且仅对某一类能源的消费展开分析而没有考虑到不同类型能源之间的相互替代关系^[7,11]。本研究基于两期调研的面板数据展开分析,能更有效地控制潜在的遗漏变量所导致的估计偏误。另外,由于不同种类能源的消费量会受到部分相同因素的相互影响,建立不同类型能源消费影响因素的联立方程模型估计则能极大地提高模型的估计效率^[12]。由于现有的计量模型分析

工具(如 STATA)还难以实现对联立方程模型的固定效应估计,因此本研究将分别采用随机效应的联立模型系统和单方程的固定效应模型展开估计。这两类模型各有其优缺点。随机效应的联立方程模型估计可以考虑不同类型能源消费之间的相互影响,但是由于随机效应模型估计忽略了农户的异质性,可能导致估计结果的非一致性;而单方程的固定效应模型分析虽然可以解决因忽略农户异质性导致的估计结果非一致性问题,但由于没有考虑不同类型能源消费间可能存在的相互影响,因而会降低模型的估计效率^[13]。联立方程模型系统的设定如下:

$$\begin{cases} Y_{1it} = \beta_{10} + \beta_{11}E_{it} + \beta_{12}W_{it} + \beta_{13}A_{it} + \beta_{14}Z_{it} + \beta_{15}S_c + \varepsilon_{1it} \\ Y_{2it} = \beta_{20} + \beta_{21}E_{it} + \beta_{22}W_{it} + \beta_{23}A_{it} + \beta_{24}Z_{it} + \beta_{25}S_c + \varepsilon_{2it} \\ Y_{3it} = \beta_{30} + \beta_{31}E_{it} + \beta_{32}W_{it} + \beta_{33}A_{it} + \beta_{34}Z_{it} + \beta_{35}S_c + \varepsilon_{3it} \\ Y_{4it} = \beta_{40} + \beta_{41}E_{it} + \beta_{42}W_{it} + \beta_{43}A_{it} + \beta_{44}Z_{it} + \beta_{45}S_c + \varepsilon_{4it} \end{cases} \quad (1)$$

上式中, Y_{ait} 为第 a 个方程的被解释变量,表示第 t 期第 i 个农户第 a 类能源的人均年消费量,第 1 类能源代表电能,第 2 类代表传统化石能源,

第 3 类代表传统生物质能源,第 4 类代表新型可再生能源。

E_{it} 、 W_{it} 、 A_{it} 、 Z_{it} 分别代表家庭经济水平、劳动力价格、能源可获得性、家庭人口特征等四类解释变量; S_c 表示县级地区虚变量。 β 表示待估计参数, ε_{ait} 为第 a 个方程的误差项。

固定效应的单方程模型设定与上述联立方程中各类主要解释变量的设定一致,由于固定效应估计消除了家庭中不随时间变化的因素,因此在单方程模型中,户主受教育程度和家庭平均年龄这两个变量被剔除。

模型中解释变量的定义及描述性统计结果如表 6 所示。其中,2012 年财产水平、价格水平等变量的数据已经按照消费品价格指数调整为 2008 年的不变价格。统计结果显示,相比 2008 年,2012 年农户家庭经济水平和劳动力成本均有大幅提高。村到集贸市场的距离明显缩短,这与近几年各地市场基础设施建设快速发展是一致的。与 2008 年的数据相比,户主曾经或正在从事非农工作的家庭比例明显提高,其他家庭人口特征和作物面积的相关变量水平变动不大。

表 6 主要变量的描述性统计

变量	定义	单位	2008		2012	
			均值	标准差	均值	标准差
家庭人均财产水平	家庭财产总现值/家庭总人口数	万元/人	2.53	6.76	4.64	10.70
农村劳动力价格	村雇佣务农劳动力的平均工资	元/人·月	964.72	232.38	1823.76	710.30
村到集贸市场距离	村委会到最近集贸市场的距离	公里	8.20	9.57	4.88	6.55
人均农作物面积	家庭人均主要农作物种植面积	亩/人	2.68	3.91	2.65	4.14
人均林作物面积	家庭人均经济林木等种植面积	亩/人	0.56	1.14	0.58	1.73
家庭人口规模	家庭成员住家时间(月)/12	人	3.98	1.36	4.00	1.64
家庭劳动力比例	16-60 岁人口比例	%	59.85	24.67	60.02	27.35
户主非农工作经历	户主是否从事过非农工作	(1=是 0=否)	0.59	0.49	0.66	0.47
户主受教育程度	小学或文盲	(1=是 0=否)	0.49	0.50	0.49	0.50
	初中	(1=是 0=否)	0.43	0.50	0.39	0.49
	高中及以上	(1=是 0=否)	0.08	0.27	0.12	0.33
家庭成员平均年龄	家庭所有成员年龄算术平均数	周岁	37.59	10.31	40.40	10.95
成年务农妇女比例	18 岁及以上务农妇女/总人口数	%	24.85	15.17	25.06	16.37

数据来源:作者调查

2. 计量经济模型估计结果

表7和表8分别表示用随机效应估计的联立方程模型估计结果和采用固定效应估计的单方程估计结果。两类模型估计结果在变量显著性方面基本一致,说明计量经济模型的估计结果较为稳健。本文的讨论主要依据联立方程模型系统的估计结果。

模型估计结果表明:1) 家庭人均财产水平对农村居民电能、化石能、新型可再生能源的人均年消费量的影响显著为正。人均财产水平每提高1万元,电能、化石能、新型可再生能源的人均年消费量分别增加3.67、10.85和0.53千克标准煤。人均财产水平对传统生物质能消费影响不显著。

2) 农村劳动力成本对电能和新型可再生能源消费的影响显著为正。劳动力月工资每提高1000元,农村人均生活电能和新型可再生能源的消费量在1%的置信水平上分别提高8.14和14.15千克标准煤。但农村劳动力成本上涨会显著降低传统生物质能的消费数量,计量模型估计结果表明,劳动力月工资水平每增长1000元,将导致人均传统生物质能源的消费量显著下降48.74千克标准煤。该研究结果表明,随着我国未来农村劳动力成本的提高,电能、新型可再生能源等的消费数量将出现快速上涨,而传统生物质能源的消费数量将随着劳动力成本的增长而显著下降。劳动力成本对化石能源消费的影响不显著。

3) 当地能源市场的发育情况以及能源的可获得性会对农村居民的能源消费产生显著影响。例如,村委到附近集贸市场的距离每增加1公里,农户传统生物质能和新型可再生能源消费将分别显著增加5.55千克标准煤和1.26千克标准煤。这可能是因为离市场距离越远,农户购买商品能源的成本越高,因此更倾向于使用当地容易获得的能源来代替商品能源。电能和化石能消费随村委到集贸市场距离的增大而减少,但影响不显著。模型估计结果也表明,家庭林地种植面积的增加显著提高居民传统生物质能的消费数量。

4) 家庭人口规模也会显著影响农村人均生活能源消费。模型估计结果表明,能源消费的人口

规模效应显著,家庭住家人口每增加1人,电能、化石能、传统生物质能源的人均年消费量分别减少1.89、9.88、44.37千克标准煤。

5) 另外,户主的受教育水平、非农工作经历等也会对生活能源消费产生影响。例如,户主受教育水平为小学及以下的农户的电能消费显著低于其对照组(初中受教育水平)6.34千克标准煤,但其传统生物质能源的消费量比对照组显著高64.35千克标准煤,户主受教育水平为高中及以上农户的化石能消费显著比对照组高70.55千克标准煤;户主曾经从事非农工作的农村居民的传统生物质能消费比没有从事非农工作的家庭居民显著低69.93千克标准煤;此外,模型估计结果也表明,四类能源的人均消费量都随着家庭平均年龄的增长而上升。

四、结论与政策启示

本文基于全国四省2008年和2012年两期409户农户的跟踪调查数据,分析了我国农村生活能源消费的数量和结构现状、发展趋势及其决定因素。研究结果表明:在2008-2012年间,我国农村人均生活能源的消费数量和结构发生了明显变化。传统生物质能源的消费量呈现大幅下降趋势,而电能、化石能和新型可再生能源发展较快。从所调查4个省409户农户的平均情况来看,传统生物质能消费量从2008年的408.56千克标准煤下降为323.45千克标准煤,其所占生活能源消费的比例也从2008年的79.17%下降到2012年的62.92%。农村人均电能和化石能的消费量从2008年的23.07和75.13千克标准煤分别上升到2012年的43.81和120.37千克标准煤,所占生活能源消费的比例也从2008年的4.47%和14.56%分别上升到2012年的8.52%和23.42%。新型可再生能源消费量虽然出现了较快上涨,但所占比例依然较低,从2008年的9.31千克标准煤上升到2012年的26.41千克标准煤。从农村人均生活能源消费总量来看,由于传统生物质能源的消费量大幅下降,导致2012年四省农村人均生活用能总量与2008年略有下降,2012年的四省人均生活用能总量为514.04千克标准煤,比2008年下降0.39%。

表 7 随机效应联立模型系统估计结果

变量	电能	化石能	传统生物质能	新型可再生能源
家庭人均财产水平(万元/人)	3. 666 *** (0. 000)	10. 85 *** (0. 000)	0. 397 (0. 824)	0. 528 ** (0. 015)
村农业劳动力价格(元/人·月)	0. 00814 *** (0. 003)	0. 00784 (0. 546)	-0. 0487 ** (0. 027)	0. 0142 *** (0. 000)
村委到最近农贸市场距离(公里)	0. 00640 (0. 985)	-1. 065 (0. 491)	5. 546 ** (0. 034)	1. 263 *** (0. 000)
人均农作物面积(亩/人)	0. 749 (0. 199)	-0. 662 (0. 813)	-0. 204 (0. 967)	-0. 133 (0. 824)
人均林作物面积(亩/人)	0. 0182 (0. 989)	7. 183 (0. 249)	22. 71 ** (0. 035)	1. 383 (0. 293)
家庭住家人口规模(人)	-1. 885 * (0. 083)	-9. 884 * (0. 059)	-44. 37 *** (0. 000)	1. 594 (0. 154)
劳动力占家庭人口比例(%)	0. 0948 (0. 136)	0. 208 (0. 496)	1. 164 ** (0. 030)	0. 138 ** (0. 033)
户主是否曾经从事非农工作 (1 = 是 ρ = 否)	-2. 995 (0. 400)	2. 081 (0. 903)	-69. 93 ** (0. 019)	5. 281 (0. 146)
户主受教育水平是否小学及以下 (1 = 是 ρ = 否)	-6. 343 * (0. 076)	7. 867 (0. 649)	64. 35 ** (0. 034)	-7. 743 ** (0. 036)
户主受教育水平是否高中及以上 (1 = 是 ρ = 否)	2. 372 (0. 672)	70. 55 *** (0. 009)	19. 05 (0. 686)	6. 554 (0. 253)
家庭成员平均年龄(岁)	0. 138 (0. 375)	0. 891 (0. 237)	7. 658 *** (0. 000)	0. 372 ** (0. 021)
家庭成年务农女性人口比例(%)	0. 0423 (0. 725)	-0. 0602 (0. 917)	2. 730 *** (0. 007)	0. 133 (0. 276)
村虚变量	略	略	略	略
样本量	409	409	409	409

注: *、**、*** 分别表示 10%、5% 和 1% 统计检验显著水平

各地区农村能源消费数量和结构差异较大,北方地区的农村人均生活能源消费量高于南方,而经济发达地区的人均商品能源(电能、化石能)消费量明显高于其它地区。

统计分析和计量模型估计结果表明,农户家庭经济水平提高会导致电能、化石能和新型可再生能源消费量明显增加。劳动力成本也会对农村人均生活能源消费产生显著影响,随着劳动力成本上升,传统生物质能源的消费量显著下降,而电能和新型可再生能源的消费量会显著增加。当地能源市场的发育情况和能源可获得性会对能源消费产生明显影响。随着村委到集贸市场距离的增大,购买商品能源获得成本提高,传统生物质能和

新型可再生能源的消费需求显著增加。此外,户主受教育程度和非农就业情况、家庭的年龄和劳动力结构等农户家庭特征也会影响农村生活能源的消费。

本文的研究结果表明,随着未来农村居民收入水平和劳动力价格的提高,农村传统可再生能源消费量将显著下降,而电能、化石能等商品能源的消费量将显著上升。农户家庭人均财产水平每上升 1 万元,将导致电能和化石能消费量分别增加 3.67 千克标准煤和 10.85 千克标准煤。农村劳动力成本每上升 1000 元/月,会导致我国农村秸秆和柴薪等传统生物质能源的人均消费量下降 48.74 千克标准煤。农村收入水平和劳动力成本上涨对

表8 单方程固定效应模型估计结果

变量	电能	化石能	传统生物质能	新型可再生能源
家庭人均财产水平(万元/人)	3.987 *** (0.000)	6.869 *** (0.000)	-0.159 (0.958)	1.464 *** (0.000)
村农业劳动力价格(元/人·月)	0.00816 ** (0.010)	0.0173 (0.243)	-0.0434 * (0.075)	0.0116 *** (0.000)
村委到最近农贸市场距离(公里)	-0.132 (0.736)	-1.333 (0.465)	1.835 (0.542)	0.667 * (0.071)
人均农作物面积(亩/人)	-0.561 (0.590)	-2.998 (0.536)	5.170 (0.518)	0.0624 (0.949)
人均林作物面积(亩/人)	1.169 (0.537)	4.566 (0.604)	13.80 (0.343)	1.437 (0.421)
家庭住家人口规模(人)	-6.737 ** (0.018)	-7.168 (0.587)	-59.33 *** (0.007)	2.708 (0.311)
劳动力占家庭人口比例(%)	0.0562 (0.670)	0.378 (0.538)	-0.212 (0.834)	0.00395 (0.975)
户主是否曾经从事非农工作 (1=是 0=否)	-1.522 (0.808)	-8.845 (0.761)	-62.03 (0.197)	-1.254 (0.831)
家庭成年务农女性人口比例(%)	-0.0538 (0.793)	0.0200 (0.983)	2.734 * (0.082)	0.419 ** (0.030)
常数项	34.49 * (0.055)	74.12 (0.375)	613.4 *** (0.000)	-29.58 * (0.081)
村虚变量	略	略	略	略
样本量	409	409	409	409

注: *、**、*** 分别表示 10%、5% 和 1% 统计检验显著水平

我国未来农村能源需求总量和消费结构的影响具有重要的政策含义:一方面,这将导致我国农村商品性能源需求持续增长,并进一步增加我国石油等化石能源的进口压力。如何保障未来我国农村能源供给并提高农村能源利用效率将成为我国政府面临的一个重要挑战;另外一个值得关注的问题是,未来随着农村劳动力成本的持续上升,我国农村对秸秆和柴薪等的需求量将大幅下降,如何处理和有效利用这些资源不仅会对我国的能源安全产生影响,而且会对资源节约和环境保护产生重要影响。

目前我国一些地区依然存在着秸秆大量露天焚烧,造成大量浪费以及环境污染问题^[14-15]。未来随着我国农村劳动力成本的快速上涨,政府部门迫切需要制定相关政策促进农村秸秆和薪柴的回收利用。秸秆的回收利于不仅涉及到政策激励

问题也涉及到技术问题,建议政府部门从多个层面制定相关措施:(1)从中央层面制定秸秆还田的补贴政策,这不仅有利于减少秸秆露天焚烧带来的环境污染,也有利于增加土壤肥力,减少化肥使用。目前一些省份,如江苏、黑龙江等制定了 20-30 元/亩的秸秆还田补贴政策试点,但该补贴水平是否能够在农村劳动力价格持续上涨的条件下有效促进农民采取秸秆还田的措施还有待进一步研究。(2)在部分秸秆产量密度较大的区域,鼓励秸秆发电、秸秆固体成型颗粒、秸秆气化等企业的发展,有效利用秸秆发展商品能源。(3)加强科研攻关,消除秸秆还田的技术瓶颈。重点加强秸秆还田可能导致的出苗率低、缺乏粉碎秸秆的优良农机具等问题。考虑不同区域的差异性,技术研发在不同区域应有所侧重。比如,在华北地区应重点解决秸秆还田会导致下季作物病虫害增加问题,

在东北地区重点解决秸秆还田后降解速度慢并且影响作物出苗率等问题。

参考文献:

- [1] World energy outlook 2005 [R]. Paris: International Energy Agency 2005.
- [2] 廖 华 魏一鸣. 世界能源消费的差异性与不平衡性及其变化研究[J]. 中国软科学 2010(10) : 6-14.
- [3] 国家统计局. 《中国能源统计年鉴》[M]. 2013.
- [4] M. Lenzen ,M. Wier ,C. Cohen ,et al. A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia , Brazil ,Denmark ,India and Japan [J]. Energy ,2006 (31) : 181-207.
- [5] 王效华. 江苏农村家庭能源消费研究[J]. 中国农学通报 2012 28(26) : 196-200.
- [6] WANG X. ,C. Di ,X. Hu ,et al. The influence of using bio-gas digesters on family energy consumption and its economic benefit in rural areas-comparative study between Lianshui and Guichi in China [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007(11) : 1018-1024.
- [7] 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.
- [8] LIU H. ,G. Jiang ,H. Zhuang ,et al. Distribution ,utilization structure and potential of biomass resources in rural China: with special references of crop residues [J]. Renewable and Susta-

inable Energy Reviews 2008(12) : 1402-1418.

- [9] 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 ,14 (6) : 66-73.
- [10] ZHOU Z. ,WU W. ,WANG X. ,et al. Analysis of changes in the structure of rural household energy consumption in northern China: A case study [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2009(13) : 187-193.
- [11] CHEN L. ,N. Heerink ,M. van den Berg ,Energy consumption in rural China: A household model for three villages in Jiangxi Province [J]. Ecological Economics ,2006 (58) : 407-420.
- [12] W. Greene ,Econometric analysis (7th edition) [M]. Upper Saddle River ,NJ: Prentice Hall ,Inc 2011.
- [13] JEFFREY M. Wooldridge ,Econometric analysis of cross section and panel data(second edition) [M]. Cambridge ,MA: The MIT Press 2010.
- [14] QIU H. ,SUN L. ,XU X. ,et al. Potentials of crop residues for commercial energy production in China: A geographic and economic analysis [J]Biomass and Bioenergy 2014(64) : 110-124.
- [15] 吕开宇 ,仇焕广 ,白军飞 ,等. 中国玉米秸秆直接还田的现状与发展[J]. 中国人口·资源与环境 2013 23(3) : 171-176.

(本文责编: 王延芳)