

基于结构方程的江苏省家庭能源消费行为研究

吴 玲

(南京工程学院 经济与管理学院,南京 211167)

Research on household energy consumption behavior based on
structural equation model in Jiangsu province

WU Ling

(School of Economics and Management, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

摘要:家庭能源消费问题一直受到社会的关注,影响机制的研究是关键。选取5个影响变量,构建结构方程模型,分析家庭能源消费行为的影响机制。通过实地调查获取江苏省13个地市的数据,采用偏最小二乘回归方法估算路径系数,证实了环境素质、家庭特征、生活方式及宣传教育等4个变量对家庭能源消费行为产生影响,并测算了结构变量的相互作用关系,及对家庭能源消费行为的综合影响效应。

关键词:家庭能源消费行为;结构方程;家庭节电

Abstract: The issue of household energy consumption has been concerned by the society, and the study of the impact mechanism is the key. Five influencing variables are selected, a structural equation model is constructed, and the influence mechanism of household energy consumption behavior is analyzed. The data is obtained based on the investigation of 13 cities in Jiangsu province. The partial least squares regression method is used to estimate the path coefficients. It is confirmed that the four variables such as environmental literacy, family characteristics, lifestyle and education have effects on household energy consumption behavior. The interaction of structural variables and the combined effects of household energy consumption behaviors are measured.

Key words: household energy consumption behavior; structural equation; household energy saving

中图分类号:F407;TK018 文献标志码:A

家庭能源消费,指居民用于烹饪、照明、取暖等家庭生活用途的能源消费,包括电、燃气、煤、生物质及新能源等。家庭是能源消费的个体单位,随着城市化进程的不断加快,家庭能源消费量正在快速增加,并已成为能源消费的主要增长点。通过家庭能源消费及影响因素研究,剖析社会能源消耗的宏观数据背后的微观形成机制及驱动力,以探索从家庭角度改善能源消费结构,推进社会节能工作。

关于家庭能源消费行为,国内许多学者都展开了不同角度的研究。文献[1]基于需求理论说明家庭对能源的需求量取决于消费者收入和备选能源价格,并证明其相互依存关系。文献[2]研究了对家庭能源消费的直接和间接2种能源消费方式的种类及变动情况。文献[3]将家庭能源消费行为划分为3类:能源购买行为、住宅能源使用行为和交通能源行为,建立了适合城市居民能源消费行为的测量表,并运用明考夫斯基聚类分析和模糊综合评价法构建居民能源消费行为评价模型。文献[4]在深入分析国

内外客户满意度测评模型基础上,构建具有行业特色的电力客户满意度测评模型及指标体系。从现有的家庭能源消费文献来看,大部分研究是对家庭能源结构、家庭能源消费需求预测和家庭能源消费的区域特征等问题进行宏观数据分析,而缺乏从社会学和消费心理学的角度对家庭能源消费行为进行微观分析。

由于家庭能源消费行为的影响因素具有复杂的相互作用机制,很难用传统的数学方法来定量分析,因此采用结构方程建模。结构方程模型结合了多种统计技术,如因子分析和路径分析,擅长于对多变量间交互关系的定量,可以通过立体、多层次的方式展现驱动力分析,尤其适合一些比较抽象的归纳性属性。

1 家庭能源消费行为的研究模型

1.1 变量定义

从微观来看,每一个家庭对能源种类的选择与能源消费水平都是独特的,受到各种因素影响。社会心理学认为,人类行为取决于人类内在需求与外部环境的相互作用。本文选取了环境素质、家庭特征与生活方式3个内部因素,能源政策与宣传教育2个外部

收稿日期:2018-08-21;修回日期:2018-09-13

基金项目:江苏省高校哲学社会科学研究基金项目“基于结构方程建模的家庭能源管理研究”(2014SJB228);江苏省高校哲学社会科学优秀创新团队建设项目(2017ZSTD025)

作者简介:吴玲(1978),女,安徽定远人,硕士,副教授,研究方向为能源经济、电力市场。

因素,以解释家庭能源消费行为的形成机理。

(1) 环境素质是由美国学者 Charles E.Roth (1968)提出的概念,包括环境知识、环境价值与环境态度等层面,构成家庭能源消费行为的心理导向。关注能源问题、了解节能产品、认同环境保护并有环保责任感的家庭往往在能源消费行为方面表现出积极的节能行为倾向。因此,本文提出如下假设:环境素质对家庭能源消费产生负向影响。

(2) 家庭特征决定家庭是否发生能源消费及能源消费规模,可通过家庭收入、家庭人口数量、家庭居住面积等要素反映。家用电器消费具有较高的收入弹性,从而带来电能消费与收入显著相关的连锁效应。高收入家庭对地暖需求的增加,也体现了天然气消费对收入表现敏感。家庭人口数增加,会导致家庭电能消费与管道天然气消费提升。家庭居住面积越大,家庭范围内的照明面积、采暖与制冷面积越大,能源消费会相应增加。因此,本文提出如下假设:家庭特征对家庭能源消费产生正向影响。

(3) 生活方式,是受一定条件制约和价值观指导下的家庭生活活动的特征,会影响对能源消费的偏好,如农村家庭对生物质能源的选择,主要源于传统习惯。一些良好的节能习惯,如选择节能灯具与节能家电、离开房间随手关灯、关闭待机电器、选择保温性能好的锅具等,则会帮助实现家庭能源消费低碳化。生活方式是节俭还是奢侈,由价值观、态度等心理因素决定,同时又与家庭收入、家庭成员数等家庭特征密切相关。因此,本文提出如下假设:生活方式负向影响家庭能源消费;环境素质正向影响家庭生活方式;家庭特征负向影响家庭生活方式。

(4) 能源政策,包括能源价格政策与政策法规。从需求理论来看,商品价格与需求呈反比,即价格越高,需求越低;价格越低,需求越高。因此,能源价格上涨会导致家庭能源消费量下降。政策法规环境,如《江苏省十三五节能规划》、绿色照明工程等节能政策,则对家庭节能行为起到规范和引导作用。因此,本文提出如下假设:能源政策负向影响家庭能源消费。

(5) 各种“节能低碳”系列宣传活动有助于提高居民环境素质,改变其生活方式,培养良好的节能习惯。因此,本文提出如下假设:宣传教育负向影响家庭能源消费;宣传教育正向影响环境素质;宣传教育正向影响家庭生活方式。

1.2 构建模型

基于上述理论分析,构建理论研究的结构方程模型如图1所示。该模型包含6个结构变量和9个路径关系,其中“环境素质”、“家庭特征”、“能源政策”和“宣传教育”是作为原因的外生潜变量,“生活

方式”、“家庭能源消费行为”是作为结果的内生潜变量。潜变量的因果关系用结构方程式表示为

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + s \quad E(s) = 0 \quad (1)$$

式中: ξ 为外生潜变量; η 为内生潜变量; B 和 Γ 为路径系数矩阵; s 为残差; ξ 与 s 不相关。

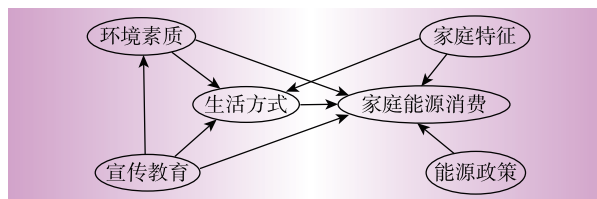


图1 家庭能源消费行为的研究模型

6个结构变量无法直接测量,需要转换为可测量的观测变量,测量方程描述观测变量与潜在变量之间的结构关系,通常用以下方程式表示

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \quad E(\delta) = 0 \quad (2)$$

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad E(\varepsilon) = 0 \quad (3)$$

式中: X 为外生潜变量 ξ 对应的观测变量; Y 为内生潜变量 η 对应的观测变量; Λ_x 与 Λ_y 为因子载荷系数矩阵,表示观测变量与其潜变量的关系; ε 与 δ 为残差。

2 江苏省家庭能源消费行为实证研究

2.1 数据来源

本文在江苏省的13个地市采用分层随机抽样方式展开问卷调查。在南京、苏州、徐州、南通、盐城与无锡6个人口500万以上的城市,每个城市发放100份问卷,在常州、连云港、淮安、扬州、镇江、泰州与宿迁7个人口500万以下的城市,每个城市发放50份问卷。问卷发放地点选择城市与城郊的贸易市场,调查对象包含城市与农村居民。调查对象的地理分布如表1所示。本次调查总共发放950份问卷,回收有效问卷862份,有效率为90.7%。有效问卷的调查对象分布情况如表2所示。

将研究模型中不可直接测量的6个结构变量转换为可观测变量。一是通过对环境知识的知晓程度、对生态环境的价值取向及对环境问题的责任感观测环境素质;二是通过家庭年收入、家庭人口数量及家庭居住面积观测家庭特征;三是通过对能源价格的感知和政策法规实施效果评价测量能源政策;四是通过对家庭对节能宣传活动的知晓程度与效果评价测量宣传教育;五是通过对家庭的简约生活倾向程度与对节能习惯的认同程度测量生活方式;六是通过对太阳能热水器的使用意愿与家庭能源消费量来测量家庭能源消费行为。观测变量转化为量表的题项,大部分题项采用5级评分,被调查者根据对题项描述内容的认同程度打分,详见表2所示。

表1 调查对象的地理分布

地区	南京	苏州	徐州	南通	盐城	无锡	常州	连云港	淮安	扬州	镇江	泰州	宿迁
样本数/份	98	95	86	88	90	93	47	43	44	46	45	44	43
占比/%	11.4	11	10	10.2	10.4	10.8	5.5	5	5.1	5.3	5.2	5.1	5

表2 调查问卷变量说明

变量定义	潜变量	观测变量	变量取值
外生潜变量	环境素质 ξ_1	对环境知识的知晓程度 x_1	1=非常不同意;2=不同意;3=不确定; 4=同意;5=非常同意
		对生态环境的价值取向 x_2	
		对环境问题的责任感 x_3	
	家庭特征 ξ_2	家庭年收入 x_4	1=3万元以下;2=3万~10万元;3=10万~20万元; 4=20万~50万元;5=50万元以上
		家庭人口数量 x_5	
		家庭居住面积 x_6	
	能源政策 ξ_3	对能源价格的感知 x_7	1=非常不同意;2=不同意;3=不确定; 4=同意;5=非常同意
		对政策法规实施效果的评价 x_8	
	宣传教育 ξ_4	对节能宣传活动的知晓程度 x_9	
		对节能宣传活动效果的评价 x_{10}	
内生潜变量	生活方式 η_1	简约生活的倾向程度 y_1	
		对节能习惯的认同程度 y_2	
	家庭能源消费行为 η_2	太阳能热水器使用意愿 y_3	1=有意愿;2=不确定;3=无意愿
		家庭能源消费量 y_4	实际消耗总量(标准煤)

2.2 量表的信度与效度检验

运用SPSS18.0对数据进行信度检验,结果如表3所示,模型各变量的Cronbach's α 系数均高于标准值0.6,说明各测量数据具有较高的可靠性。效度检验包括内容效度与结构效度。本研究基于大量的文献成果与专家访谈设计问卷,以保证内容效度。结构效度采用验证性因子分析,各变量的CR值高于0.7,AVE值高于0.5,说明变量具有较好的区分效度与收敛效度,结构良好。

表3 信度和效度检验

结构变量	环境素质 ξ_1	家庭特征 ξ_2	能源政策 ξ_3	宣传教育 ξ_4	生活方式 η_1	家庭能源消费行为 η_2
Cronbach α 值	0.65	0.61	0.77	0.71	0.74	0.62
CR	0.83	0.72	0.76	0.81	0.78	0.82
AVE	0.56	0.63	0.57	0.62	0.54	0.54

2.3 结构模型分析

运用基于偏最小二乘法算法的smart PLS软件对模型进行运算,获得潜变量的路径调节效应与路径系数,如表4与图2所示。其中,路径“能源政策→家庭能源消费”没有通过显著性检验,原因可能是电能、燃气等能源产品在家庭消费中属于生活必

需品,需求价格弹性低。另外,政策法规没有起到引导作用。

表4 家庭能源管理行为研究路径效应

路径	系数	f^2	是否通过
环境素质→家庭能源消费	-0.323***	0.126***	是
家庭特征→家庭能源消费	0.275***	0.147***	是
生活方式→家庭能源消费	-0.452***	0.168***	是
环境素质→家庭生活方式	0.439***	0.096***	是
家庭特征→家庭生活方式	-0.183***	0.145***	是
能源政策→家庭能源消费	-0.042	0.066	否
宣传教育→家庭能源消费	-0.164***	0.093***	是
宣传教育→环境素质	0.453***	0.241***	是
宣传教育→家庭生活方式	0.268***	0.132***	是

注:***表示1%水平下显著。

由图2可见,观测变量的载荷系数均大于0.7,说明观测变量能够较好地反映出各自对应的潜变量。路径系数反映了变量对其箭头所指向的变量的影响程度。例如,“环境素质”对“家庭能源管理”既有直接影响又有间接影响,直接影响系数是-0.323,间接影响系数是0.439 $\times$ (-0.452)=-0.198,因此,“环境素质”对“家庭能源管理”的综合影响系

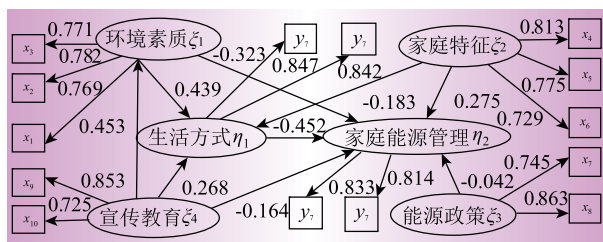


图2 家庭能源消费行为研究模型路径系数图

数是 $-0.323+(-0.198)=-0.521$ 。运算各影响变量的综合影响效应如表5所示。

表5 综合路径效应

路径	综合效应
环境素质→家庭能源消费	-0.521
家庭特征→家庭能源消费	0.358
生活方式→家庭能源消费	-0.452
宣传教育→家庭能源消费	-0.431

3 结论与建议

本文从社会学、消费心理学角度选取5个家庭能源消费行为的影响变量,构建结构方程理论模型。应用问卷调查法对江苏省13个地市的家庭能源消费行为进行抽样调查研究,问卷的信度、效度检验良好。通过计算路径系数,证实了环境素质、家庭特征、生活方式及宣传教育等4个变量会对家

庭能源消费行为产生影响,而能源政策变量产生的影响并不显著。研究还测算了结构变量的相互作用关系,及对家庭能源消费行为的综合影响效应。通过路径分析,证明了理论模型部分假设路径的正确性。环境素质、家庭特征、生活方式和宣传教育等4个变量对于家庭能源管理均存在显著影响。

地方政府应研究家庭能源消费行为特点,探索规范家庭能源消费行为的管理体系,出台相关经济政策与法规制度等。政策鼓励是新能源使用的助推器,政府推广对普及太阳能热水器具有显著效果,如要求新建居民住宅小区统一设计和安装太阳能热水器等。本文建立家庭能源消费行为研究模型,分析行为的形成机理,验证影响因素与家庭能源消费行为的影响关系,为政府部门提供理论思路与决策参考。D

参考文献:

- [1] 张馨. 城乡居民家庭能源消费及其生存现状的多维视角分析——以黄土高原西部为例[D]. 兰州:兰州大学, 2012.
- [2] 李智杰. 我国家庭能源消费结构与影响因素研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2013.
- [3] 陈利顺, 孙岩, 戴大双, 等. 城市居民能源消费行为的评价方法研究[J]. 软科学, 2008, 22(12): 1-5.
- [4] 吴玲. 基于结构方程的电力客户满意度测评模型研究[J]. 电力需求侧管理, 2013, 15(6): 50-53, 56.

(上接第17页)

4 结论

本文提出利用能源路由器对能量进行统一管理。在电网高峰期,能源路由器控制分布式电源和储能放电功率的输出,功率不足部分由电网提供;在电网低谷期,交流负载由配电网供电,储能电池处于充电控制。配电网需要功率调度时,能量管理与控制中心接收上级配电网的调度指令,对分布式电源和储能进行统一管理,使能源路由器输给配电网的功率能够满足调度的要求,并具有以下特点:装置直接连接分布式电源的直流输出,减少分布式电源并网逆变器的使用;光伏发电接入时,直接连接光伏电池板,并对光伏发电进行最大功率跟踪控制;具有电网故障检测功能,自动实现离并网切换;用于中低压配电网,具有直流故障自阻断功能。D

参考文献:

- [1] She X. Control and design of a high voltage solid state transformer and its integration with renewable energy resources and microgrid system[M]. Beijing: North Carolina State University, 2013.
- [2] She X, Yu X, Wang F, et al. Design and demonstration of a 3.6 kV-120 V/10 kVA solid-state transformer for smart grid application[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2014, 29(8): 3 982-3 996.
- [3] Tarisciotti L, Zanchetta P, Watson A, et al. Multiobjective modulated model predictive control for a multilevel solid-state transformer[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2015, 51(5): 4 051-4 060.
- [4] Zhao B, Song Q, and Liu W. A practical solution of high-frequency-link bidirectional solid-state transformer based on advanced components in hybrid microgrid[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2015, 62(7): 4 587-4 597.
- [5] 宋强, 赵彪, 刘文华, 等. 智能电网中的新一代高频隔离功率转换技术[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(36): 6 369-6 379.