



经济理论与经济管理

工作论文系列

Working Paper Series

中国城镇家庭能源贫困评估

——基于微观调查数据的研究

傅佳莎 蔡福祥 魏 楚

ETBMWP2022046

2022. 08. 29

* 本刊编辑部推出工作论文项目，将“拟用稿”而尚未发表的稿件，以工作论文的方式在官网呈现，旨在及时传播学术成果，传递学术动态。

本刊所展示的工作论文，与正式刊发版可能会存在差异。如若工作论文被发现存在问题，则仍有被退稿的可能。各位读者如有任何问题，请及时联系本刊编辑部，期待与您共同努力、改进完善。

联系人：李老師；联系电话：010-62515330

中国城镇家庭能源贫困评估^{*}

——基于微观调查数据的研究

傅佳莎 蔡福祥 魏 楚

[提 要] 我国扶贫工作重点已进入新阶段，从主要消除绝对贫困向缓解发展不平衡、不充分的相对贫困转变，从主要解决收入贫困向解决多维贫困转变，从重点解决农村贫困问题向统筹城乡扶贫转变。能源是人民生活质量的重要指标，能有效反映福利水平。了解我国城镇家庭能源消费的基本特征、准确测度能源贫困水平与分布，有助于为今后扶贫工作提供资料基础和科学管理依据。本文构建消费者能源消费决策分析框架，并运用第一次中国居民能源消费调查的微观入户数据，考察居民收入与能源消费之间的关系，并对中国城镇家庭能源贫困状况进行测度。研究发现，居民收入与能源消费之间存在S型非线性关系，能源价格、家庭特征、地域特征等在能源消费决策中都发挥重要影响。我国城镇家庭相对能源贫困较为严重，主要表现为能源可支付性问题。能源贫困率在20%左右，其中电力贫困程度更为严重，超过25%。家庭收入增长、户主受教育程度提高、城市电力基础设施的普及、城市环境规制水平的提升会显著降低城镇家庭陷入能源贫困的可能性，而电力价格上涨会显著增加城镇家庭陷入能源贫困的概率。

[关键词] 能源贫困；可支付性；居民能源消费调查；非线性关系

一、引言

世界各国为消除贫困做出巨大努力，2015年全世界贫困人口占比已经降到10%以下，2018年全世界只有7亿人处于极端贫困状态。联合国可持续发展目标做出历史性承诺，到2030年全世界将消除一切形式的贫困（Davis, 2020）。中国的减贫实践做出了世界公认贡献。2018年5月31日，中共中央政治局会议审议通过了《关于打赢脱贫攻坚战三年行动的指导意见》。党的十九大把脱贫攻坚战作为决胜全面建成小康社会必须打赢的三大攻坚战之一，做出全面部署。通过三年坚持不懈的努力，我国脱贫攻坚战取得了全面胜利，现行标准下

9 899 万农村贫困人口全部脱贫，832 个贫困县全部摘帽，12.8 万个贫困村全部出列，区域性整体贫困得到解决，完成了消除绝对贫困的艰巨任务。在脱贫攻坚战完成后，新的扶贫工作重点是从主要消除绝对贫困向缓解发展不平衡、不充分的相对贫困转变，从重点解决农村贫困问题向统筹城乡扶贫转变。

如何构建2020年后中国相对贫困标准，是基于收入或消费的单一维度还是考虑多个维度，若采用多维相对贫困标准应包括哪些维度，是当前扶贫研究的热点问题，学者们对此展开了广泛讨论。孙久文和夏添（2019）认为，2020年后应分别以城乡居民中位数收入的一定比例作为城市和农村的相对贫困标准。王小林和冯贺霞（2020）认为中国应

^{*} 傅佳莎，西南财经大学经济与管理研究院；蔡福祥，华泰联合证券有限责任公司；魏楚（通讯作者），中国人民大学应用经济学院，邮政编码：100872，电子信箱：xiaochu@ruc.edu.cn。本文得到了中国人民大学科研基金重大项目（21XNL020）的资助。感谢匿名评审人提出的修改意见，笔者已做了相应修改，本文文责自负。

傅佳莎等：中国城镇家庭能源贫困评估

采用多维相对贫困标准，将经济、社会、生态环境等多个维度纳入贫困框架中。游士兵和张颖莉（2017）回顾了发展经济学对资产贫困测量方法的研究，建议在收入贫困和消费贫困基础上，还应从资产角度测量贫困，并从数据收集、测量方法和减贫政策角度，对我国开展资产贫困测量和实施基于资产积累的减贫政策提出建议。Wu et al.（2017）指出宏观层面加总的收入和支出数据在衡量贫困和不平等时存在不足，建议使用微观层面的细分实物消费数据来衡量家庭不平等的情况，这样既可以避免受到收入短期波动的影响，也能从医疗、教育、耐用品、现代能源服务等多维度对家庭不平等分布提供深入见解。目前，关于如何制定2020年后中国的相对贫困标准，尚未达成共识。

此外，无论在学术研究还是政策措施的制定上，我国基本围绕着解决农村贫困问题，特别是深度贫困地区的脱贫和返贫问题，对于城镇居民贫困的研究相对较少，缺少对城镇贫困相关经验事实、结构特征变化的系统研究（张冰子等，2019）。随着中国经济飞速发展，城镇化率不断提高，居民收入逐渐拉开差距，城镇居民同样面临着发展不平等、不充分的问题。这迫切要求发展经济学界定中等收入阶段经济发展的基本问题，探索适用于中等收入阶段的发展动力和发展机制（叶初升，2019）。其中，解决能源贫困问题，实现“人人获得可负担、可靠和可持续的现代能源”是向可持续发展道路转变的重要研究课题。

能源贫困的内涵主要指难以支付、难以获取电力或其他现代化清洁能源服务，依赖传统生物质能或其他固体燃料进行炊事和取暖（IEA，2010）。能源贫困既是贫困的体现，也可能引致诸如教育、性别歧视、环境、健康、生产效率、公共服务等多重剥夺贫困效应，导致贫困的恶性循环（廖华等，2015）。具体而言，为了维持最基本的能源需求，妇女和儿童不得不花费大量时间进行燃料收集（Barnes & Sen，2004），这既造成了性别歧视（Kaygusuz，2011），同时也占用妇女和儿童接受教育和劳动力创造财富的时间，并进而影响到人力资本水平（Rehfuess，2006），严重制约收入水平的提高。能源贫困导致生态环境的进一步恶化，传

统生物质能的燃料利用率低，贫困家庭每年需要燃烧近2吨生物燃料才能保证基本能源需求，大量生物质能和传统固体燃料的燃烧，势必是以破坏当地植被、破坏生态环境为代价的，这将导致“木材燃料危机”并会排放大量的大气污染物。能源贫困还严重影响着人类健康。因为使用低效的固体炊事燃料而导致每年430万人因室内空气污染而过早死亡（WHO，2016），能源贫困人群患慢性阻塞性肺病、急性下呼吸道感染、肺癌的风险，以及冬季死亡率均显著高于其他人群（Von Schirnding，et al.，2002；Wilkinson，et al.，2009）。此外，电力的不可获取和不稳定，制约了工业活动和现代农业改革。可见，能源贫困是限制地区经济发展的关键因素。

中国一直致力于解决能源贫困问题，通过实施农网建设与改造、无电地区电力建设工程、光伏独立供电等多种能源扶贫措施，彻底解决了无电人口用电问题，中国农村地区能源可及性问题得到根本性解决。中国能源扶贫政策从“用得上电”向“用得起电、用上好电”转变，能源扶贫目标拓展为提高用能效率、优化用能结构。随着碳中和目标的提出，新能源的减排潜力将被进一步挖掘，未来能源扶贫政策将转向依托开发利用新能源带动经济环境可持续发展，即“利用好电”（马翠萍和史丹，2020）。中国在能源扶贫实践上走在世界前列，然而能源扶贫研究尚处在初期。1999—2019年期间，中国在能源扶贫领域的发文量仅为63篇，不到英美两国的1/3。国内能源扶贫研究主题主要包括：农村能源建设、能源贫困、可再生能源、木材、新能源、光伏扶贫、生态扶贫等。总体来看，我国学者规范研究多，量化分析较少，缺乏对能源贫困一般规律和理论的探讨。同时，相关研究主要集中在农村能源扶贫领域，对城镇能源贫困的研究并不充分（李世祥等，2020）。因此，调查、了解和掌握我国城镇家庭能源消费的特征、数量、结构、成本等信息十分必要，这有助于识别相对贫困和社会排斥，为下一步确定多维相对贫困标准和扶贫政策的制定提供资料基础和科学管理依据。

基于此，本文对中国城镇家庭能源贫困问题开展研究。本文基于经典消费经济学理论基础，构建

消费者能源消费决策分析框架，并提出了家庭收入—能源消费之间的非线性假设。实证分析上，本文采用第一次全国居民能源消费调查的数据，考察居民收入与能源消费之间是否存在非线性关系，并对中国城镇家庭能源贫困状况进行测度。文章的边际贡献主要体现在以下方面。首先，可支付的现代清洁能源服务在提高穷人生活质量和促进发展方面具有重要作用，基于能源剥夺而非收入或资产贫困的探究对公共政策制定可能更为重要。其次，本文针对城镇家庭展开能源贫困测度，这对当前聚焦于农村能源贫困的研究是一个有益补充，也为下一步我国构建多维相对贫困标准、统筹城乡扶贫提供了科学参考。最后，本文通过量化分析对能源贫困阈值水平进行一致性估计，相较于基于固定能源贫困线或是指标合成方法，极大地避免了主观设定参数所带来的偏误，是一种通过数据本身揭示背后规律的新方法。同时，为了反映出家庭规模和人口结构对个体福利水平的影响，本文基于家庭规模和人口结构对家庭收入进行了等值规模调整，能够更准确地衡量我国城镇能源贫困现状。

本文结构安排如下：第二节对能源贫困相关文献进行系统性回顾；第三节构建理论分析框架并提出假设；第四节介绍中国居民能源消费调查及数据描述；第五节设定经验分析模型用于识别家庭收入和能源消费之间的非线性关系，设定能源贫困阈值模型，并对相关变量进行描述和调整；第六部分汇报主要的实证分析结果；最后是结论与政策建议。

二、文献综述

现有文献主要从能源贫困的界定与测度、能源贫困的影响因素、消除能源贫困的途径等方面展开研究。

对能源贫困的界定主要分为两类。第一类也称作“燃料贫困”，起源于20世纪70年代英国的燃料使用运动，主要是针对发达国家的能源可支付性问题，考察居民是否有足够的支付能力或者设备来获取满意的能源需求（Lewis, 1982; Liddell, et al., 2012）。“燃料贫困”概念很宽泛，其定义包括：两倍于中位数家庭的燃料支出、能源支出超过

收入的10%、实际能源支出、需要（应该）花费的能源支出等（Liddell, et al., 2012）。第二类针对的是能源的可及性，主要体现在发展中国家或者是一些国家的农村地区缺乏电力和现代能源，只能依赖于传统生物质能（Casillas & Kammen, 2010; Pachauri, et al., 2004; Sagar, 2005）。

对能源贫困缺乏统一界定，导致了对能源贫困的测度存在多种测度方法。早期研究主要基于指标模型构建和评价，其中又可分为单一指标和多维指标评价。单一指标评价主要有两种：一种最简单的方法是计算为保障生存所需的家庭最低能源消费绝对量，低于这一水平的人群则为能源贫困人口（Foster, et al., 2000）。该方法的优点在于可以给出具体的数值参照，但由于各国经济发展水平、居民收入、地理位置、自然环境、人口特征等各方面均存在很大差异，导致能源贫困线的测度结果存在很大不同。第二种单一指标评价是从消费支出角度出发，将生活能源成本支出超过家庭收入的10%定义为能源贫困（DECC, 2011; DEFRA, 2005），该标准也是英国目前官方标准。但该方法同样存在缺陷，一是能源贫困和收入贫困尽管有紧密关联，但不是包含与被包含的关系（Khandker, et al., 2012）；另外对于为何选择10%的阈值缺乏理论依据（Healy and Clinch, 2004）。

为了克服单一指标评价法的缺陷，不同学者和研究机构开始采用多维度综合指标评价体系。如：IEA为了评估发展中国家能源贫困状况，构建了一个能源发展指数，该指数由3个指标构成，包括人均商业能源消费量、现代燃料占家庭能源消费的份额以及能够获取电力服务的人口比例（IEA, 2004）。2012年，IEA将上述3个指标归为家庭维度，同时增加两个社会维度指标，分别是公共部门人均电力消费和生产用能占总能源消费比例（IEA, 2012）。Nussbaumer, et al. (2012)构建了多维能源贫困指数，这一指数从炊事、照明、家电、教育与娱乐以及通讯5个方面对能源贫困水平进行了测度，描述了能源贫困的发生率和强度。魏一鸣等（2014）根据中国能源贫困概念设计了综合评估指标体系，除了包含通用的生存需求，还包含了发展需求，相关指标包括了能源服务可得性、能

傅佳莎等：中国城镇家庭能源贫困评估

源消费清洁性、能源管理完备性、生活用能可支付性和高效性等多个维度。多维指标评价体系的优点是覆盖面较广，能够对能源贫困程度进行较全面的衡量。但这种方法要求设立的指标符合区域特征，并对样本数据的需求量较大，且对于不同指标之间的权重设置也存在主观偏误。

能源贫困的成因和影响因素十分复杂。IEA认为一国整体经济发展水平、能源可得性、可靠性以及消费者的支付能力是能源贫困的重要影响因素（IEA, 2004; IEA, 2010）。Pachauri, et al. (2004)、Nussbaumer, et al. (2012)认为能源贫困主要受能源可得性、能源获取成本等因素影响。Clancy, et al. (2003)对大量调查数据进行分析后认为，能源贫困研究应关注家庭的性别特征，应根据家庭性别比例和人口结构制定能源贫困扶贫方案。Pereira, et al. (2011)基于对巴西能源贫困的案例研究提出，地理隔离可能是导致能源贫困的重要因素。Khandker, et al. (2012)认为能源价格、户主受教育程度、拥有的土地、能源政策等会影响能源需求，能源可得性、可靠性以及设备效率共同影响能源贫困的形成。Sovacool (2012)根据对以往文献的总结发现，居民收入、支付能力、消费水平、地域分散性、电力传输过程的损失是能源贫困的重要影响因素。

提升能源可得性是减少能源贫困的关键（Casillas & Kammen, 2010），基于能源贫困的定量测度和成因分析，研究者提出了消除能源贫困的可行措施，包括成立专门的“消除能源贫困基金”（Guertler, 2012; Sagar, 2005）、提升生物质能炉灶的效率（Barnes, et al., 2011）、推进现代燃料（如LPG）的使用来帮助贫困家庭获得现代能源服务（Khandker, et al., 2012）、加强农村和不发达地区电力基础设施建设（Pereira, et al., 2011）、推广使用智能能源表来减轻能源贫困，并改变能源使用模式（Darby, 2012）。此外，部分研究者从制度建设角度提出了相应建议。Bouzarovski, et al. (2012)对欧盟的能源扶贫政策进行了系统比较，提出现有的能源扶贫制度仍存在管理不善、实际执行力度不足等问题，未来能源扶贫制度需要进一步完善和落实。Ürge-Vorsatz

& Herrero (2012)提出，应将能源贫困政策与气候变化的相关政策关联，以实现不同政策之间的相互支持与融合。Sovacool (2012)认为应细化能源制度安排，提高能源服务质量，关注能源机动性和现代能源使用终端的提供，建立能源支持项目，关注能源技术提升并降低能源价格。另外，研究者还发现，现有的解决能源贫困的政策措施存在着能源扶贫对象和目标定位不准确、实际扶贫效果不理想的情况（Walker & Day, 2012）。

中国的能源贫困问题研究起步较晚，近几年才逐渐受到学者重视。受限于数据可得性，大部分研究往往采用宏观数据进行统计性分析，或是对具体案例进行现状描述，譬如李慷等（2011）发现，能源贫困人群收入提高时，收入较低的农村居民不会首先选择改善能源消费结构，但是清洁能源的发展对他们的用能选择有很大影响。姚建平（2013）认为家庭能源消费总量低于基本需求以及大量使用低效率的传统生物质能源是中国农村能源贫困家庭的主要特征，并且中国农村能源贫困具有明显的地区差异，受教育程度、户籍以及居住时间等因素对能源贫困有重要影响。郝宇等（2014）从传统生物质能和电力消费两个指标来比较中国不同地区能源贫困水平，发现中国能源贫困问题有所缓解，但东部地区和中西部地区间的差异仍较为明显。李慷等（2014）从能源服务可获得性、能源消费清洁性、能源管理完备性以及生活用能可支付性和高效性这四个维度对中国各省能源贫困状况进行测度，发现中国整体能源贫困程度正处于自然减缓趋势，但各省区能源贫困减缓速度不一，并且能源贫困和经济贫困并未保持一致。近来有部分学者开始采用入户调查问卷方式来进行更为深入的微观分析。如张忠朝（2014）对贵州盘州市的调查问卷数据分析后发现当地农村家庭能源贫困率为94%，主要表现为能源消费结构贫困和能源消费支出贫困。孙威等（2014）基于云南省怒江州564份农户调查问卷数据，估算出中国农村能源贫困线为户均每年消费400kgce（千克标准煤），并评估出怒江农村居民的能源贫困综合指数为0.37。但显然，区域性问卷可能很难代表全国性的一般性分布。

综上所述，国内外学者已对发达国家和发展中

国家的能源贫困问题展开了深入研究,但对于中国的能源贫困问题仍在测度方法、数据层面等方面存在进一步改进空间,本文将在这两方面有所贡献。

三、理论框架与研究假设

本文基于经典消费经济学理论基础,构建消费者燃料选择分析框架,并提出了家庭收入—能源消费之间的非线性假设。

假设消费者同时面临两个约束,一是收入预算约束,另一个是生存约束,即消费者满足最基本生存状况所需的热量。我们考虑消费者在面对收入约束和生存约束的双重限制条件下,如何在不同能源品之间进行选择,最大化其对清洁舒适度的满足。

为了便于分析,我们将能源分为两大类:一类是传统能源,例如薪柴、煤等,另一类是现代能源,例如天然气、电力等。每类能源品均具有两个基本特征:提供热量和提供舒适度,舒适度是指能源消耗所提供的非热量部分。消费者在选择能源品种时,第一优先考虑是满足其生存所需热量。一旦消费者从能源消费中获得的热量满足生存所需,他的优先序转变为最大化能源消费所带来的舒适度。

对于贫困家庭,对热量的需求优先于对清洁舒适度的需求,其收入首先要用于基本食物保障和热量保障,因此,贫困家庭偏好于尽可能使用免费的或价格便宜的能源品,如薪柴、煤等,来满足家庭最低热量保障。随着收入增长,该类家庭会优先增加食物消费,对于热量需求仍旧维持在最低限度。

对于中等收入家庭,其收入已经能完全满足食物消费需求 and 最低热量保障。此时,中等收入家庭在选择能源品种时,优先考虑最大化能源消费所带来的舒适度,因此会不断增加现代能源,减少传统能源消费,表现出能源消费从传统能源向现代能源的转变,这于家庭能源阶梯理论具有相通之处。当消费者收入足以支持全部用于消费现代能源以后,该类家庭会增加与能源配合、可以提供服务流的耗能耐用品拥有数量,随着对这类耗能耐用品的使

用,能源消费会随着收入增长而增加,居民的改善型需求得到满足。

对于高收入家庭,改善型消费基本饱和,此时能源消费出现“滞胀”,甚至可能出现总量水平的缓慢下滑。这一趋势已在近年来美国家庭能源调查所揭示的数据中得到了验证。根据美国家庭能源消费调查(Residential Energy Consumption Survey, RECS)结果显示,美国家庭平均户均能源消费在过去30年间呈现下降趋势(EIA, 2012^①)。

基于上述理论讨论,消费者的家庭收入与能源需求之间可能存在如图1所示的S型非线性关系。

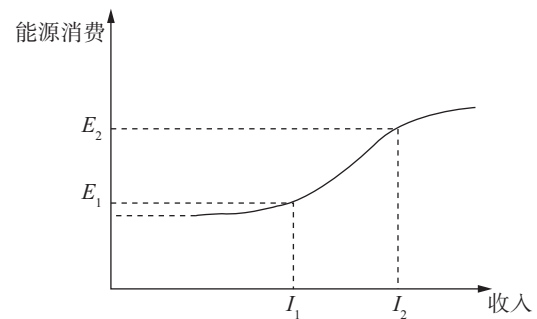


图1 家庭能源消费与收入变化示意图

对于能源贫困家庭,他们位于S形曲线的底部,能源消费量对收入的增长缺乏弹性,收入的增加主要用于满足食物等基本生存需求,对能源的消费需求没有显著增加。而对于位于 I_1 与 I_2 之间的中等收入家庭而言,一旦收入越过了能源贫困阈值,其能源消费对收入的增长富有弹性,收入的增加除了能满足基本的生活所需外,还被用于满足改善型消费——譬如电冰箱、洗衣机等家用电器的使用,这一部分群体的能源消费会随着收入的增加而快速增长。对于收入超过 I_2 的高收入家庭而言,家庭的基本消费和改善型消费都得到了饱和,此时存在着另一个拐点,也即是能源消费量随着收入的增长而出现“滞胀”,甚至可能出现总量水平的缓慢下滑。

基于以上分析,本文提出以下假设:

假设1: 家庭能源消费与家庭收入之间存在着

^① EIA, 2012, Residential Energy Consumption Survey data show decreased energy consumption per household EIA, <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=6570>.

非线性关系。

假设 2：存在着一条能源贫困阈值线，当消费者能源消费低于能源贫困阈值线时，其能源消费缺乏弹性，收入增加不会带来能源消费的显著增长。

四、居民能源消费调查数据简介

本文使用第一次中国居民能源消费调查（Chinese Residential Energy Consumption Survey, CRECS 2012）数据库。该调查由中国人民大学能源经济系发起。问卷主要参考了美国居民能源消费调查问卷，同时根据中国的实际情况进行了调整。问卷包括以下六个主要的部分：家庭人口特征、住房特征、家电拥有情况、空间取暖与制冷、私人交通出行概况、家庭电力消费量与能源支出以及对相关能源政策的了解情况。

该问卷抽样主要基于第六次全国人口普查进行，为确保数据完整和准确性，受访家庭需要满足以下条件才能参与调查：首先，该家庭必须能够提供 2012 年全年的电费账单或电力消费记录；其次，该家庭的能源消费主要用于消费而非进行生产；第三，受访家庭在 2012 年必须在抽样入户住所居住时间超过 6 个月；第四，同一居民小区只能抽取一个家庭进行调查。为了鼓励被访家庭参与调查并提供完整信息，每户参与调查的家庭将在回答完问卷后得到一份价值 50 元的手机充值卡。调查前期共有全国 22 个省 1 640 户家庭被联系参加本次调查，调查员于 2012 年 12 月至 2013 年 3 月间入户对被访家庭进行问卷，最终有 1 542 户家庭完成了调查，参与率达到了 94.02%。问卷回收后，按照每个调查员问卷数量的 10% 进行再次随机抽查和电话回访，以确认问卷调查的有效性和真实性，在数据核实基础上，最终获得有效样本 1 446 份，其中城镇样本 1 163 份，农村样本 283 份。本文将以城镇样本为研究对象，考察中国城镇家庭的能源贫困情况。

该问卷搜集的中国家庭能源消费微观数据具有几方面优势。首先，调查、了解和掌握中国家庭能源消费情况、特征与规律，能够提供城乡居民及家庭基本情况与收支水平，尤其是提供城乡居民能源

消费特征、数量、结构、成本等信息，从而确保为各级政府进行科学管理提供资料基础。其次，对中国家庭用能开展调查可以为一些重要的研究提供必要的支撑，例如家庭能源需求函数估计、收入与价格弹性估计、能源贫困阈值估计、用能政策干预效果评价等。此外，通过研究居民能源消费，可以对未来城镇化新增居民能源进行更为精准的预测，这些对于企业进行能源基础设施投资具有重要的参考价值。

区别于传统的消费调查问卷，该问卷最大的创新在于，它重点询问消费者对每一种用能设备的使用情况，包括该用能设备的类型、能耗功率、能效标识等设备物理属性，以及用户使用频率、使用时间，以及在该住处的居住频率等行为特征等；同时还收集了所有以该家庭为边界的能源获取及能源支出信息。这些基于设备使用信息的参数被用来估计每一种设备的燃料消耗，然后加总成该家庭的年度能源消费量。具体估计方法如下：

假设有 i 个家庭，使用了 n 类能源品种，主要用于 m 类消费活动。对于第 i 个家庭，以 $E_{i,m,n}$ 表示第 n 种能源用于第 m 类活动的实物消费量，相应的可以依据每类能源品的折标系数 $coef_n$ 得出以千克标准煤（kgce）计量的标准能源消费量。根据郑新业等（2015），第 i 个家庭全年的能源消费量为：

$$E_i = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N E_{i,m,n} \times coef_n \quad (1)$$

此外，将单个设备用能量加总可得到第 i 个家庭第 n 类能源消费量：

$$E_{in} = \sum_{m=1}^M E_{imn} \times coef_n \quad (2)$$

以及第 i 个家庭的第 m 类活动的能源消费量：

$$E_{im} = \sum_{n=1}^N E_{imn} \times coef_n \quad (3)$$

该问卷涉及的能源包括薪柴/秸秆、煤、液化石油气、电力、天然气、集中供暖和太阳能共 7 种能源品。家庭能源消费活动包括炊事、取暖、制冷、家用电器、热水和交通共 6 种终端需求。烹饪

设备和家用电器的能源消费量主要由设备的单位能耗、使用频率和使用时间决定。不同设备的能效和技术特征参考《中国家庭能源消费研究报告(2014)》。图2绘制了被访问城镇家庭按收入分组的能源需求结构。按照能源品种看,热力需求最多,为751.2 kgce/年,占城镇家庭能耗总量的51%;其次为天然气和电力;薪柴和煤炭消费量最少。比较不同收入分组,城镇居民的液化气、天然气消费量随收入的变化幅度较小;电力和热力需求伴随着收入增长呈现明显的非线性增长;而煤炭和薪柴秸秆的使用则随着收入的增长显著下降。

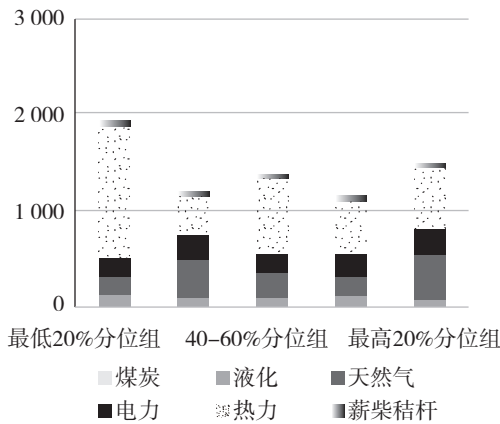


图2 按收入分组的城镇家庭能源需求结构

图3绘制了被访问城镇家庭按收入分组的能源消费结构。比较不同能源消费活动,城镇家庭供暖能耗较高,为844kgce/年;其次为烹饪耗能,为287kgce/年;热水、家用电器和制冷等活动的能耗较低。比较不同收入分组,供暖和交通能耗随收入增长而上升,并呈现出非线性特征;家用电器、热水、制冷虽然能耗需求不高,也呈现出加速增长的趋势。而烹饪耗能随收入增长而下降,这可能是由烹饪设备以及能源品种升级导致。

五、模型设定与变量描述

(一) 能源消费—收入的非线性模型

上述对于入户调查数据的直观统计分析有助于我们理解不同收入水平家庭所对应的能源消费结构和需求结构。为了验证收入—能源需求之间的非线性假设以及识别出相应的能源贫困阈值点,我们需

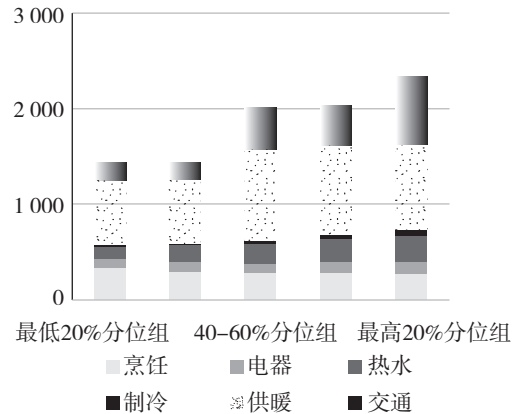


图3 按收入分组的城镇家庭能源消费结构

资料来源:《中国家庭能源消费调查报告》(2014)。

要进行更为深入的经验分析。本文采用“第一次中国居民能源消费调查”这一珍贵的入户调查数据对我国城镇居民能源贫困进行定量考察。我们首先对我国居民能源消费与收入之间是否存在非线性关系进行经验检验和模型识别,之后引入能源贫困阈值模型来测度我国城镇家庭能源贫困水平。居民能源需求模型可以设定为:

$$\ln E_i = \alpha + \beta \ln INC_i + \lambda Control_i + \epsilon_i \quad (4)$$

$$\ln E_i = \alpha + \beta INC_i^2 + \gamma INC_i + \lambda Control_i + \epsilon_i \quad (5)$$

$$\ln E_i = \alpha + \beta INC_i^3 + \gamma INC_i^2 + \delta INC_i + \lambda Control_i + \epsilon_i \quad (6)$$

式中, E_i 代表第 i 个家庭的年能源消费水平,包括家庭年能源消费总量、家庭年电力消费量以及家庭年能源支出; INC_i 为 OECD 等值规模调整后的第 i 个家庭的年收入水平,本文分别采用对数形式、二次型和三次型进行对能源消费和收入之间的非线性关系模型识别。 $Control_i$ 为控制变量,包括受访户家庭特征变量、所在地区能源价格和气候特征变量、以及受访家庭所处地区层面的特征变量,例如地区能源消费结构、环境规制强度、基础设施投资等。其中,能源品价格来自该问卷以及各地发改委、物价局网站数据。家庭特征变量包括是否采取集中供暖、住房面积、户主性别、户主受教育年限、户主全年在家中居住时间、冬季采暖天数、夏季制冷天数等。地区控制变量考虑地区经济

傅佳莎等：中国城镇家庭能源贫困评估

水平、地区能源消费结构、环境规制强度、基础设施投资等会对家庭能源需求和能源消费产生明显影响的变量。 ϵ_i 为随机误差项。 α 、 β 、 γ 、 δ 和 λ 为待估计参数。考虑到可能存在的异方差性，本文使用经过怀特异方差修正的 OLS 回归。

(二) 能源贫困阈值模型

若通过模型参数化估计识别出家庭能源消费与收入之间存在非线性关系，本文将进一步参考 Barnes, et al. (2011)，基于分位数来测度能源贫困阈值线。具体做法是将收入以分组虚拟变量的形式加入方程中，如果某个收入分组回归系数不显著，但其后的收入分组虚拟变量系数显著，那么将该收入分组视为能源贫困阈值线。经验模型如下：

$$\ln E_i = \alpha + \beta \text{incomegroup}_i + \lambda \text{Control}_i + \epsilon_i \quad (7)$$

其中，因变量分别采用家庭能源消费总量、家庭电力消费总量以及家庭能源支出，反映家庭能源消费及支出情况；自变量为家庭年收入水平，并采

用家庭总支出作稳健性检验。其中，家庭能源消费总量和电力消费总量按照《中国家庭能源消费研究报告（2014）》的方法进行估计。考虑到家庭规模和人口结构对个体福利水平的影响，本文参考宋扬和赵君（2015），对家庭年收入水平、家庭总支出、以及家庭能源消费支出进行了 OECD 等值规模调整。考虑到可能存在的异方差性，同样使用经过怀特异方差修正的 OLS 回归。

(三) 主要变量的描述性统计

该问卷有效样本 1 446 份，其中城镇样本 1 163 份，农村样本 283 份。为保证结果的代表性和可靠性，本文仅采用城镇样本进行经验分析，并且去掉了年电力消费量大于 8 000 度的家庭，最后保留样本总数为 1 140 份。所涉及变量的描述性统计结果如表 1 所示。

结合本文问卷的问题设计和国家统计局 2012 年的中国城镇家庭年总收入分布情况，我们按照调整后的家庭年收入将样本分为 7 组，具体如表 2 所示：

表 1 主要变量的描述性统计

变量类别	变量名称	城镇地区 (N=1 149)	标准差
OECD 等值规模调整	家庭规模 (人)		
	# 原始家庭规模 (人)	2.54	0.99
	# 调整后的家庭规模 (人)	1.71	0.45
因变量	家庭年能源消费估计量 (kgce)	1 500.73	1 132.88
	家庭年电力消费量 (度)	418.69	618.61
	家庭年能源消费支出 (元)		
	# 原始能源消费支出 (元)	1 464.45	982.65
	# 调整人口后的消费支出 (元)	2 172.73	1 790.65
自变量	家庭年收入 (万元)		
	# 原始家庭年收入 (万元)	10.80	14.81
	# 调整人口后的家庭年收入 (万元)	15.90	22.75
	家庭总支出 (万元)		
	# 原始家庭总支出 (万元)	5.50	5.16
	# 调整人口后的家庭总支出 (万元)	8.11	8.57

续表

变量类别	变量名称	城镇地区 (N=1 149)	标准差
控制变量	电力价格 (元/千瓦时)	0.533	0.048
	天然气价格 (元/立方米)	2.44	0.88
	液化石油气价格 (元/千克)	7.28	1.02
	蜂窝煤价格 (元/千克)	60.59	23.50
	是否采用集中供暖, 若采用则为 1 (集中供暖家庭/全部样本)	552/1 140	
	住房使用面积 (平方米)	96.28	41.41
	户主性别 (男性户主/全部户主样本)	816/1 055	
	户主受教育年限 (年)	12.24	3.56
	户主全年在家中居住时间 (月份数)	11.65	1.35
	HDD——采暖天数	75.01	54.92
	CDD——制冷天数	43.65	34.42
	地区生产总值增长率 (%)	11.16	2.32
	全社会用电量 (亿千瓦时)	237.13	353.59
	城乡居民生活用电 (亿千瓦时)	33.62	54.31
	工业废水排放量 (亿吨)	1.26	1.37
	工业二氧化硫排放量 (万吨)	9.40	10.01
	工业烟粉尘排放量 (万吨)	4.07	3.75
	天然气家庭用量 (亿立方米)	2.47	4.33
	液化石油气家庭用量 (万吨)	3.86	6.58
	用液化气人口 (万人)	114.71	217.43

表 2 样本家庭年总收入分组

收入分组	收入范围	样本数量
第一组	(0, 3] 万	106
第二组	(3, 5] 万	59
第三组	(5, 8] 万	203
第四组	(8, 12] 万	258
第五组	(12, 15] 万	166
第六组	(15, 20] 万	101
第七组	高于 20 万	235
合计	—	1 128

六、主要结果

(一) 家庭收入—能源消费非线性模型估计

本文首先对我国居民能源消费与收入之间是否存在非线性关系进行模型识别, 回归结果如表 3 所示。从回归结果可以发现:

(1) 家庭能源消费与家庭收入之间存在着非线性关系。其中, 家庭能源消费总量和家庭收入之间的线性关系和 U 型关系 (二次型), 虽然影响方向与理论假设一致但并不显著, S 型关系 (三次型) 在 1% 的水平上显著, 但影响程度较小。这说明家庭能源消费总的热当量具有一定的稳健性, 这是因为随着家庭收入增长, 居民从能效利用率低、污染较重的煤炭、薪柴等能源品种, 逐渐转向于清洁高效的现代能源如电力、天然气等, 能源品种之间具有较强的替代效应。居民消费电力、天然气等现代能源产生的热量没有显著超出减少煤炭、薪柴消费所较少的热量消耗, 这一研究发现与能源阶梯假说一致。进一步, 本文发现, 随着家庭收入的增长, 家庭电力消费会家庭能源消费支出都会显著增长, 无论是线性估计还是二次型、三次型估计, 家庭收入都对二者产生显著的正向影响, 回归系数均在 1% 水平上显著。这一结果证实了前文的分析, 随着家庭收入增加, 居民转向使用更多的清洁能源, 愿意付出更多的成本来享受清洁能源。

表 3 家庭能源消费——家庭收入的非线性关系基本模型识别

解释变量	(1) 家庭年能源消费总量		(2) 家庭年电力消费量		(3) 家庭年能源消费支出	
家庭年收 入的对数 形式	0.031 (0.029)		0.231*** (0.049)		0.229*** (0.034)	
家庭年 收入	0.001 (0.002)	0.007** (0.003)	0.012*** (0.004)	0.019*** (0.005)	0.010*** (0.002)	0.020*** (0.004)
家庭年 收入-2	-4.372e-06 (9.29e-06)	-8.287e-05*** (3.16e-05)	-3.802e-05*** (1.12e-05)	-1.375-04** (5.87e-05)	-2.369e-05** (9.46e-06)	-1.432-04*** (4.74e-05)
家庭年 收入-3		1.988e-07*** (7.64e-08)		2.520e-07* (1.45e-07)		3.027e-07*** (1.11e-07)
电力 价格	0.543 (1.916)	0.653 (1.923)	5.173* (2.896)	5.316* (2.959)	-1.968 (2.348)	-1.932 (2.383)
天然气 价格	0.332 (0.572)	0.407 (0.576)	-2.768*** (0.953)	-2.761*** (0.959)	-1.420** (0.655)	-1.414** (0.661)
蜂窝煤 价格	0.125 (0.278)	0.135 (0.278)	0.558 (0.409)	0.572 (0.410)	-0.229 (0.348)	-0.240 (0.353)
液化气 价格	-0.858** (0.344)	-0.851** (0.344)	0.535 (0.607)	0.491 (0.612)	0.085 (0.439)	0.083 (0.442)
是否采取 集中供暖	0.898*** (0.088)	0.903*** (0.089)	-0.006 (0.152)	-0.009 (0.154)	-0.168** (0.076)	-0.138* (0.077)
住宅面积	0.409*** (0.054)	0.419*** (0.053)	0.106 (0.093)	0.130 (0.094)	0.121** (0.060)	0.127** (0.061)
每年在 家时长	0.134 (0.114)	0.115 (0.120)	-0.506*** (0.178)	-0.554*** (0.178)	0.482*** (0.163)	0.432** (0.171)
采暖天数	0.251*** (0.049)	0.252*** (0.049)	0.157** (0.067)	0.164** (0.068)	0.091* (0.048)	0.091* (0.048)
制冷天数	0.042* (0.025)	0.043* (0.025)	0.138*** (0.047)	0.141*** (0.047)	0.018 (0.030)	0.019 (0.030)
户主性别	-0.105 (0.064)	-0.100 (0.065)	-0.131 (0.119)	-0.140 (0.121)	-0.045 (0.072)	-0.075 (0.073)
户主受教 育年限	-0.038 (0.052)	-0.041 (0.052)	0.314*** (0.087)	0.353*** (0.090)	-0.094* (0.049)	-0.063 (0.049)

续表

解释变量	(1) 家庭年能源消费总量			(2) 家庭年电力消费量			(3) 家庭年能源消费支出		
地区生产总值增长率	-0.216 (0.542)	-0.240 (0.543)	-0.150 (0.538)	0.361 (1.064)	0.201 (1.062)	0.315 (1.081)	0.538 (0.750)	0.381 (0.742)	0.519 (0.756)
全社会用电量	-0.140* (0.077)	-0.137* (0.077)	-0.141* (0.077)	-0.554*** (0.134)	-0.538** (0.135)	-0.543*** (0.135)	0.043 (0.082)	0.049 (0.084)	0.043 (0.084)
城乡居民生活用电	0.091 (0.109)	0.094 (0.109)	0.092 (0.108)	0.293* (0.177)	0.308* (0.179)	0.305* (0.180)	0.132 (0.130)	0.146 (0.131)	0.142 (0.132)
工业废水排放量	-0.031 (0.063)	-0.028 (0.063)	-0.032 (0.063)	-0.035 (0.104)	-0.017 (0.104)	-0.021 (0.105)	0.059 (0.070)	0.080 (0.071)	0.075 (0.071)
工业二氧化硫排放量	0.095 (0.079)	0.096 (0.080)	0.090 (0.080)	-0.026 (0.123)	-0.022 (0.125)	-0.030 (0.125)	0.154** (0.070)	0.159** (0.074)	0.148** (0.074)
工业烟尘排放量	-0.001 (0.074)	-0.006 (0.074)	0.017 (0.074)	0.367*** (0.134)	0.335** (0.135)	0.363*** (0.135)	-0.104 (0.075)	-0.143* (0.074)	-0.109 (0.076)
天然气家庭用量	0.043 (0.052)	0.041 (0.052)	0.046 (0.052)	-0.004 (0.075)	-0.019 (0.076)	-0.011 (0.076)	-0.091 (0.059)	-0.104* (0.059)	-0.100 (0.059)
液化气家庭用量	-0.136** (0.054)	-0.140*** (0.054)	-0.128** (0.054)	0.034 (0.086)	0.013 (0.086)	0.028 (0.087)	-0.011 (0.059)	-0.032 (0.059)	-0.014 (0.061)
液化气人口	0.130 (0.087)	0.134 (0.088)	0.119 (0.088)	-0.069 (0.147)	-0.044 (0.147)	-0.062 (0.149)	-0.0253 (0.110)	-0.001 (0.110)	-0.023 (0.111)
省份	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	4.368* (2.520)	4.369* (2.516)	4.192* (2.502)	9.724** (4.033)	10.050** (4.108)	9.820** (4.160)	2.234 (2.860)	2.788 (2.864)	2.517 (2.950)
观察值	648	648	648	648	648	648	648	648	648
R 方	0.619	0.618	0.623	0.258	0.246	0.250	0.348	0.327	0.341

说明：括号中为稳健标准误差，***表示1%的显著水平，**表示5%的显著水平，*表示10%的显著水平。

(2) 能源价格在能源消费的决策中有着重要影响。其中，电力、天然气、液化气对家庭能源消费总量的价格弹性并不显著，仅有煤炭价格的能源消费价格弹性在 5% 水平上显著为负，这表明，当前对于中国家庭，电力、天然气、液化气的价格变化，并不会对家庭能源消费总量产生明显影响，缺乏价格弹性。一个可能都解释是，由于我国对居民部门用能采取了价格补贴，即使电力、天然气、液化气价格有所增加，也远在消费者承受能源范围内，居民不会明显减少家庭能源消费。而液化气作为一个自由商品市场，其价格没有享受补贴，同时，在城镇中仍然使用液化气作为主要炊事能源的家庭收入水平普遍偏低，这类家庭对价格变动敏感，因此液化气对家庭能源消费的价格弹性显著为负。进一步，天然气价格对家庭电力消费的价格弹性在 1% 的水平上显著为负，这说明在家庭消费中，电力和天然气之间具有较为明显的互补效应，这与理论预期不符，有待未来进一步识别其中的影响机制。液化气、煤炭价格对家庭电力消费的价格弹性不显著，说明三者之间没有明显的替代性。此外，天然气价格对家庭能源消费支出的价格弹性在 5% 的水平上显著为负，天然气价格上涨会导致家庭能源消费支出减少。这一研究结果与理论预期也存在一定程度的偏离，未来需要进一步识别天然气价格对家庭能源消费支出的影响机制。其他三种能源品的能源消费支出价格弹性不显著，说明家庭对这三类能源品的消费支出缺乏价格弹性。

(3) 家庭特征也会对家庭能源消费具有显著影响。首先，家庭是否采用集中供暖对家庭能源消费总量具有显著的正向影响，对家庭能源消费支出具有显著的负向影响，这说明集中供暖产生的能源消费热当量高于分布式供暖，但集中供暖体现出规模效应，家庭能源消费支出反而低于采用分布式供暖的家庭。采用集中式供暖对家庭电力消费量影响不显著，说明集中供暖家庭并没有显著减少家庭的电力消费。家庭住房面积对家庭能源消费总量和家庭能源消费支出都具有显著的正向影响，这与预期相符。空间越大，在冬季取暖和夏季制冷时，要达到同样舒适度需要的能源消耗更多，因此会显著增加

家庭能耗和相应的能源消费支出。在家居住时间对能源消费总量影响为正但不显著，对能源消费支出具有显著正向影响，但对电力消费量具有显著负向影响。在家时间长会带来能源消费支出增加，但电力消费量反而下降，一个可能的解释是，居民在家产生了更多的非电力的能源消费行为，例如采用煤炭、液化石油气、天然气等能源品开展炊事、供暖、热水等能源消费行为。受访户自己报告的夏季制冷天数和冬季取暖天数，也显著增加了家庭的能源消费量和电力消费量，这反映出气候变化对微观家庭层面能源消费的作用机制——需要采暖或制冷的时期越长，居民为了满足舒适度需要消耗的能源也越多，对应的能源消费支出也越多。此外，户主受教育年限对家庭电力消费具有显著正向影响，对家庭能源消费支出具有显著的负向影响，反映出接受高等教育的家庭更倾向于使用现代能源，更了解如何进行节能消费。户主性别对能源消费的影响不显著，这主要是因为家庭能源消费通常是家庭的共同决策，单一性别影响不大。

(4) 地区层面对家庭能源消费的主要影响因素。为了更好地识别影响家庭能源消费的影响因素，本文还控制了家庭所在城市的主要特征，包括城市经济发展水平、能源消费结构、环境规制强度、能源基础设施投资等对家庭能源消费的影响。现代能源消费依赖于政府在能源基础设施上的投入，即现代能源的可及性。一个地区的能源基础设施投入越充足，规模效应越明显，当地居民能够更加便利、低成本、高效率的使用清洁能源，这有可能带来家庭能源消费热当量的下降，甚至降低家庭的能源消费支出。从回归结果可以看到，全社会用电量、液化气家庭用量都对家庭能源消费总量、电力消费量产生显著的负向影响，验证了前文的推测。

(5) 此外，本文还选取了家庭总支出作为因变量进行稳健性检验，家庭总支出同样按照家庭人口规模进行调整。回归结果在显著性、拟合度、影响方向等多个方面都与家庭总收入作为因变量一致，如表 4 所示，显示了模型具有较好拟合性。

表 4 家庭能源消费——家庭支出的非线性关系基本模型识别

解释变量	(1) 家庭年能源消费总量		(2) 家庭年电力消费量		(3) 家庭年能源消费支出	
	家庭年收入的 对数形式					
家庭年收入	0.004 (0.006)	0.014 (0.010)	0.035*** (0.012)	0.093*** (0.019)	0.025*** (0.007)	0.048*** (0.012)
家庭年收入 ⁻²	-9.697e-05 (8.20e-05)	-5.600e-04 (0.0004)	-4.478e-04* (0.0002)	-0.003*** (0.0007)	-2.400e-04** (0.0001)	-0.001*** (0.001)
家庭年收入 ⁻³	0.012 (0.030)	4.481e-06 (3.59e-06)	0.248*** (0.055)	2.550e-05*** (6.13e-06)	0.187*** (0.036)	1.015e-05** (4.09e-06)
电力价格	0.185 (1.961)	0.204 (1.961)	5.502* (2.867)	5.719** (2.886)	-1.755 (2.365)	-1.620 (2.371)
天然气价格	0.417 (0.594)	0.416 (0.589)	-2.621*** (0.959)	-2.684*** (0.966)	-1.259* (0.714)	-1.263* (0.712)
蜂窝煤价格	0.103 (0.280)	0.102 (0.278)	0.551 (0.422)	0.542 (0.422)	-0.149 (0.373)	-0.166 (0.372)
液化气价格	-0.839** (0.346)	-0.811** (0.348)	0.665 (0.618)	0.731 (0.632)	-0.022 (0.457)	-0.041 (0.464)
是否采取 集中供暖	0.918*** (0.088)	0.906*** (0.088)	0.008 (0.157)	0.038 (0.158)	-0.177** (0.081)	-0.178** (0.082)
住宅面积	0.426*** (0.052)	0.423*** (0.052)	0.155* (0.091)	0.186** (0.091)	0.178*** (0.061)	0.178*** (0.062)
每年在家 时长	0.107 (0.115)	0.112 (0.114)	-0.541*** (0.171)	-0.565*** (0.173)	0.432*** (0.177)	0.419** (0.177)
采暖度日数	0.240** (0.049)	0.243** (0.049)	0.133* (0.069)	0.133* (0.069)	0.090* (0.050)	0.091* (0.050)
空调度日数	0.049* (0.025)	0.048* (0.026)	0.164*** (0.047)	0.166*** (0.047)	0.028 (0.030)	0.027 (0.030)
户主性别	-0.138** (0.063)	-0.138** (0.063)	-0.133 (0.121)	-0.158 (0.121)	-0.021 (0.073)	-0.031 (0.074)
户主受教育 年限	-0.040 (0.053)	-0.046 (0.052)	0.312*** (0.088)	0.341*** (0.089)	-0.066 (0.051)	-0.057 (0.050)

续表

解释变量	(1) 家庭年能源消费总量		(2) 家庭年电力消费量		(3) 家庭年能源消费支出				
	地区生产总值增长率	-0.013 (0.537)	0.100 (0.554)	0.046 (0.550)	0.222 (1.059)	0.547 (1.117)	0.237 (1.115)	0.166 (0.766)	0.264 (0.813)
全社会用电量	-0.158** (0.079)	-0.158** (0.079)	-0.159** (0.079)	-0.551*** (0.137)	-0.543*** (0.138)	-0.547*** (0.139)	0.066 (0.084)	0.071 (0.085)	0.070 (0.084)
城乡居民生活用电	0.128 (0.115)	0.145 (0.118)	0.139 (0.118)	0.334* (0.181)	0.368* (0.190)	0.338* (0.190)	0.168 (0.135)	0.169 (0.142)	0.157 (0.140)
工业废水排放量	-0.017 (0.063)	-0.014 (0.064)	-0.015 (0.063)	0.012 (0.103)	0.026 (0.104)	0.021 (0.104)	0.089 (0.070)	0.099 (0.072)	0.097 (0.071)
工业二氧化硫排放量	0.107 (0.083)	0.110 (0.083)	0.104 (0.083)	-0.079 (0.126)	-0.058 (0.128)	-0.091 (0.128)	0.140* (0.074)	0.149** (0.076)	0.136* (0.074)
工业烟尘排放量	0.001 (0.073)	0.009 (0.074)	0.009 (0.073)	0.352*** (0.134)	0.360*** (0.137)	0.361*** (0.136)	-0.142* (0.073)	-0.143* (0.075)	-0.143* (0.074)
天然气家庭用量	0.027 (0.054)	0.021 (0.054)	0.023 (0.054)	-0.013 (0.075)	-0.029 (0.079)	-0.017 (0.078)	-0.112* (0.061)	-0.114* (0.063)	-0.109* (0.062)
液化天然气家庭用量	-0.138** (0.054)	-0.136** (0.054)	-0.138** (0.054)	-0.027 (0.084)	-0.0142 (0.085)	-0.027 (0.084)	-0.073 (0.061)	-0.067 (0.061)	-0.072 (0.061)
用液化气人口	0.123 (0.088)	0.114 (0.088)	0.121 (0.088)	0.001 (0.145)	-0.038 (0.148)	0.002 (0.147)	0.053 (0.113)	0.036 (0.116)	0.052 (0.115)
省份	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	3.563 (2.600)	3.027 (2.686)	3.251 (2.680)	9.348** (4.130)	8.163* (4.509)	9.441** (4.463)	2.104 (2.998)	2.008 (3.216)	2.517 (3.137)
观察值	639	639	639	639	639	639	639	639	639
R 方	0.628	0.629	0.630	0.255	0.245	0.262	0.328	0.320	0.326

说明：括号中为稳健标准误，***表示1%的显著水平，**表示5%的显著水平，*表示10%的显著水平。

(二) 能源贫困阈值线估计

通过基本模型估计,可以发现家庭能源消费与家庭收入之间存在着非线性关系。进一步,本文进行阈值模型估计,回归结果如表5所示。

从结果可以看到,城镇家庭不同收入组在能源消费总热当量上还没有出现显著差异,但不同收入组在电力消费量和能源消费支出上存在明显差异。从第4收入组开始,随着收入增长,家庭的电力消费量显著增长,回归系数在1%的水平上显著为正。从第3收入组开始,随着收入增长,家庭的能源消费支出同样显著增加,回归系数在1%水平上显著为正。收入增长对家庭能源消费总量影响不显著,与前文关于能源消费一家庭收入的非线性模型估计结论一致。主要原因是,低收入组面对收入预算约束时,会倾向选择传统能源,而高收入组没有预算约束,偏好选择现代清洁能源。传统能源相较于

于现代清洁能源,能源利用效率低,低收入家庭为满足同样的热量需求,可能会消耗与中、高收入家庭同样多的热当量,只是低收入家庭对传统能源的消费只满足了基本热量需求,其余部分因为能效利用率低而浪费,而高收入家庭因为使用现代清洁能源,除了满足热量需求,还满足了舒适度需求。这一推测也可以从不同收入组的电力消费量上存在明显差异体现出来,收入越多,家庭的电力消费量持续上升。尽管不同收入组家庭的能源消费热当量相近,但因为消费结构不同,存在着明显的能源不平等情况。此外,根据回归系数可以看到,随着收入增加,高收入组无论是电力消费量,还是能源消费支出,仍在持续增长,尚未出现能源消费拐点。未来随着收入增长,预计家庭电力消费量和能源消费支出仍将持续增长。

表5 能源贫困阈值估计回归结果

解释变量	对数值			水平值		
	(1) 能源消费总量	(2) 电力消费量	(3) 能源消费支出	(1) 能源消费总量	(2) 电力消费量	(3) 能源消费支出
第2组	-0.144 (0.143)	0.190 (0.204)	0.067 (0.199)	-11.891 (219.331)	366.428 (552.862)	465.903 (332.851)
第3组	-0.024 (0.087)	0.187 (0.137)	0.220** (0.105)	-67.148 (99.839)	544.849 (532.977)	286.371* (160.441)
第4组	-0.034 (0.087)	0.414*** (0.137)	0.336*** (0.103)	50.373 (122.491)	1248.305** (556.516)	610.113*** (170.318)
第5组	-0.014 (0.096)	0.452*** (0.157)	0.315*** (0.108)	94.812 (140.736)	947.549 (619.332)	566.674*** (174.952)
第6组	0.063 (0.109)	0.669*** (0.168)	0.451*** (0.127)	24.614 (124.427)	2031.304** (892.206)	1158.117*** (278.626)
第7组	0.020 (0.091)	0.682*** (0.153)	0.521*** (0.112)	165.997 (121.977)	2231.109*** (687.433)	1444.066*** (319.853)
电力价格	0.381 (1.941)	5.030* (2.889)	-2.144 (2.306)	3352.939 (3571.831)	11377.135 (21700.280)	-4593.394 (7, 337.426)
天然气价格	0.447 (0.572)	-2.581*** (0.981)	-1.427** (0.666)	151.331 (165.186)	-47.474 (2299.061)	38.248 (750.943)
蜂窝煤价格	0.103 (0.281)	0.609 (0.413)	-0.178 (0.350)	11.160** (5.607)	-8.460 (29.746)	-23.426** (11.809)
液化气价格	-0.829** (0.345)	0.547 (0.625)	0.038 (0.438)	-391.301*** (109.417)	876.834** (388.571)	164.908 (146.529)
是否采取集中供暖	0.902*** (0.088)	-0.035 (0.151)	-0.187** (0.081)	833.5*** (105.049)	-1594.051* (857.725)	-412.170* (221.466)

傅佳莎等：中国城镇家庭能源贫困评估

续表

解释变量	对数值			水平值		
	(1) 能源消费总量	(2) 电力消费量	(3) 能源消费支出	(1) 能源消费总量	(2) 电力消费量	(3) 能源消费支出
住宅面积	0.416*** (0.055)	0.093 (0.094)	0.170*** (0.064)	4.734*** (0.900)	-0.702 (3.778)	5.197*** (1.563)
每年在家时长	0.137 (0.113)	-0.486*** (0.179)	0.472*** (0.166)	0.455 (19.914)	-124.326 (180.350)	45.224 (48.985)
采暖度日数	0.251*** (0.050)	0.171** (0.069)	0.101** (0.049)	7.314*** (1.121)	21.929*** (7.485)	4.145*** (1.598)
空调度日数	0.044* (0.025)	0.145*** (0.047)	0.027 (0.030)	0.640 (1.034)	3.346 (6.354)	3.274 (2.534)
户主性别	-0.101 (0.066)	-0.120 (0.123)	-0.028 (0.077)	47.381 (87.145)	282.606 (393.182)	-155.996 (124.485)
户主受教育年限	-0.024 (0.053)	0.307*** (0.088)	-0.072 (0.053)	2.587 (8.182)	144.244*** (43.443)	-22.072 (16.529)
地区生产总值增长率	-0.246 (0.555)	0.554 (1.102)	0.596 (0.771)	-127.307** (51.807)	244.774 (262.643)	171.551* (91.849)
全社会用电量	-0.143* (0.076)	-0.553*** (0.135)	0.054 (0.083)	0.000*** (0.000)	-0.001 (0.001)	-0.000 (0.000)
城乡居民生活用电	0.089 (0.111)	0.297* (0.180)	0.160 (0.132)	-0.001 (0.001)	0.009* (0.005)	0.003** (0.001)
工业废水排放量	-0.034 (0.064)	-0.058 (0.103)	0.053 (0.071)	0.012* (0.006)	0.100* (0.052)	-0.009 (0.012)
工业二氧化硫排放量	0.098 (0.080)	-0.020 (0.124)	0.174** (0.073)	-0.002 (0.002)	-0.047* (0.026)	0.008** (0.003)
工业烟尘排放量	0.004 (0.074)	0.400*** (0.136)	-0.111 (0.076)	0.0003 (0.003)	0.098** (0.039)	-0.004 (0.004)
天然气家庭用量	0.044 (0.053)	9.50e-05 (0.076)	-0.108* (0.060)	-0.024** (0.011)	-0.002 (0.033)	0.029* (0.016)
液化气家庭用量	-0.136** (0.054)	0.044 (0.086)	-0.014 (0.060)	-0.004 (0.005)	-0.041 (0.041)	-0.024* (0.013)
用液化气人口	0.134 (0.089)	-0.082 (0.150)	-0.023 (0.113)	0.001** (0.000)	-0.000 (0.001)	-0.000 (0.000)
省份	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	4.218* (2.535)	8.692** (4.152)	1.355 (2.907)	248.3 (1,870.868)	-10,891.804 (9,964.930)	1,777.290 (3,737.683)
观察值	648	648	648	950	950	950
R方	0.620	0.265	0.323	0.496	0.169	0.213

说明：括号中为稳健标准误，***表示 1% 的显著水平，**表示 5% 的显著水平，*表示 10% 的显著水平。

参考 Barnes et al. (2011) 的方法，本文采用第三收入分组的家庭年（人均）能源消费量、家庭年（人均）电力消费量，以及家庭年（人均）能源

消费支出分别测度城镇家庭能源贫困阈值线。那么，城镇家庭收入位于第三收入分组及以下且能源消费低于能源贫困阈值线的家庭即可视为能源贫困

家庭。需要强调的是，本文测度的城镇家庭能源贫困程度是一个相对概念，而非绝对贫困。表 6 的结果显示，按照不同指标测度的我国城镇家庭能源贫困率较为一致，结果可靠。其中，以家庭能源消费热当量和家庭能源消费支出测度的城镇家庭能源贫困率在 20% 左右，以电力消费量测度的城镇家庭

能源贫困程度更为严重，超过 25%。这表明，我国城镇家庭相对能源贫困较为严重，有接近 1/5 家庭的能源消费总量和能源消费支出仅能满足基本生存需求，接近 1/4 家庭的电力消费量不足，仅满足基本生存需求，尚未进入到改善型阶段。

表 6 城镇家庭能源贫困情况

测度方法（第三收入组）	阈值线	贫困率（贫困家庭/样本家庭）
家庭年人均能源消费量（kgce）	728.36	23.4%（267/1140）
家庭年能源消费量（kgce）	1209.61	18.3%（209/1140）
家庭年人均电力消费量（kgce）	207.50	25.2%（287/1140）
家庭年电力消费量（kgce）	323.68	25.4%（290/1140）
家庭年人均能源支出（元）	793.13	18.6%（212/1140）
家庭年能源支出（元）	1864.59	21.6%（246/1140）

（三）城镇家庭能源贫困特征描述和影响因素分析

本文重点分析处于能源相对贫困情境下的家庭区域分布、家庭典型特征、用能特征和习惯等，旨在为改善城镇家庭能源贫困提供事实依据。表 7 显示了能源贫困家庭区域分布情况。首先，城镇家庭能源贫困情况存在较为明显的地域不平等。东部地区和西部地区的能源消费量和能源消费支出的贫困程度大致在 15% 左右，而中部地区的能源消费量和能源消费支出的贫困程度达到 25% 左右，超过东部、西部地区接近 10 个百分点。其次，电力贫困程度更为严重，东部和西部地区的电力贫困程度在 25% 左右，中部地区的电力贫困程度更是高达 32.6%。尽管我国已改善了电力可及性问题，但是缓解电力可支付性问题仍然任重道远。

表 7 能源贫困家庭区域分布情况

测度指标	地区	频数（户）	样本数	百分比（%）
家庭年能源消费量	东部	62	460	13.5
	中部	113	463	24.4
	西部	34	217	15.7
家庭年电力消费量	东部	94	460	20.4
	中部	151	463	32.6
	西部	45	217	20.7
家庭年能源支出	东部	82	460	17.8
	中部	123	463	26.6
	西部	41	217	18.9

表 8 对比了非能源贫困家庭和能源贫困家庭在不同能源品上的使用情况。可以看到，我国电力全面普及；天然气的普及率也较高，在非能源贫困家庭的使用率接近 70%，在能源贫困家庭的使用中占比稍低，但仍达到 50% 以上；随着电力和天然气的普及，城镇家庭的液化石油气使用率已大幅下降，在非能源贫困家庭中使用占比约为 21.3%，但在能源贫困家庭中还保有较高的占有率，达到 36.2%；蜂窝煤和薪柴在非能源贫困家庭的使用占比很低，不到 6%，然而在能源贫困家庭中使用蜂窝煤和薪材的家庭占比较高，煤炭使用占比达到 8.6%，薪柴使用占比更是高达 17.6%。一方面，伴随收入增长，城镇家庭表现出明显的能源消费升级特征，从污染重能效低的传统能源，逐步转向清洁高效的现代能源，这与能源阶梯假说一致。另一方面，伴随着大规模城镇化带来的能源基础设施建设，我国城镇家庭在能源可及性贫困已经基本解决，当前面临的能源贫困问题体现为能源可支付性问题。

最后，本文采用 Probit 和 Logit 模型识别城镇家庭能源贫困的主要影响因素，回归结果如表 9 所示。对比结果可知，Logit 模型的边际效应、准 R² 与 Probit 模型几乎相同，故大致可以不必担心模型设定问题。其中，家庭收入增长、户主受教育程度提高、城市电力基础设施的普及、城市环境规制

傅佳莎等：中国城镇家庭能源贫困评估

水平的提升、蜂窝煤价格上涨都会显著降低城镇家庭陷入能源贫困的可能性，而电力价格的增长会显著增加城镇家庭陷入能源贫困的概率。

表 8 样本家庭和能源贫困家庭各能源使用情况

能源种类	非贫困家庭		能源贫困家庭	
	频数 (户)	百分比 (%)	频数 (户)	百分比 (%)
电力	850	100.0	290	100.0
天然气	588	69.2	153	52.8
液化石油气	181	21.3	105	36.2
蜂窝煤	29	3.4	25	8.6
薪柴/秸秆	48	5.6	51	17.6

表 9 城镇家庭能源贫困的主要影响因素分析

解释变量 (对数形式)	Probit 模型	Logit 模型
家庭收入	-2.105*** (0.202)	-4.211*** (0.491)
电力价格	4.084*** (1.423)	7.505*** (2.603)
天然气价格	-0.108 (0.349)	-0.329 (0.650)
蜂窝煤价格	-0.517** (0.232)	-0.844** (0.421)
液化气价格	0.100 (0.569)	-0.038 (1.045)
是否采取集中供暖	0.102 (0.181)	0.227 (0.322)
户主性别	-0.166 (0.229)	-0.399 (0.426)
户主受教育年限	-0.560*** (0.196)	-1.025*** (0.370)
地区生产总值增长率	0.238 (0.435)	0.321 (0.762)
全社会用电量	0.266 (0.179)	0.400 (0.324)
城乡居民生活用电	-0.401** (0.159)	-0.584** (0.288)
工业废水排放量	-0.113 (0.122)	-0.228 (0.227)
工业二氧化硫排放量	0.227 (0.154)	0.435 (0.305)

续表

解释变量 (对数形式)	Probit 模型	Logit 模型
工业烟尘排放量	-0.253* (0.131)	-0.449* (0.251)
天然气家庭用量	0.065 (0.070)	0.143 (0.128)
液化气家庭用量	0.111 (0.112)	0.110 (0.204)
用液化气人口	-0.031 (0.112)	-0.029 (0.195)
地区	控制	
常数项	9.935*** (3.167)	19.060*** (5.739)
观察值	948	948
R 方	0.53	0.54

说明：括号中为稳健标准误，***表示 1% 的显著水平，**表示 5% 的显著水平，*表示 10% 的显著水平。

七、主要结论和政策启示

本文考察居民收入与能源消费之间是否存在非线性关系，并结合 2012 年第一次全国居民能源消费调查数据，对中国城镇家庭能源贫困状况进行测度。当前，国内还未有使用微观数据对城镇家庭能源贫困问题进行测度的研究，因此本文是对中国能源贫困问题研究方法的一次有益尝试，也是对现有研究的一个补充。

研究发现，居民能源消费与收入之间存在非线性关系，能源价格、家庭特征、地域特征等在能源消费决策中都有着重要影响。通过计算能源贫困阈值线发现，我国城镇家庭相对能源贫困较为严重，能源贫困率在 20% 左右，其中电力贫困程度更为严重，超过 25%，有接近 1/5—1/4 家庭的能源消费仅能满足基本生存需求，尚未进入到改善型阶段。通过考察能源贫困家庭的地域分布和用能结构发现，城镇家庭能源贫困情况存在较为明显的地域不平等，中部地区能源贫困问题程度更为严重。伴随收入增长，城镇家庭从污染重能效低的传统能源，逐步转向清洁高效的现代能源。当前我国城镇家庭的能源贫困问题主要表现为能源可支付性问题。家庭收入增长、户主受教育程度提高、城市电

力基础设施的普及、城市环境规制水平的提升会显著降低城镇家庭陷入能源贫困的可能性，而电力价格的增长会显著增加城镇家庭陷入能源贫困的概率。

结合我国能源消费现状和本文研究结果，谨慎提出以下几点建议：

一是随着扶贫工作重点从主要消除绝对贫困向缓解发展不平衡、不充分的相对贫困转变，从主要解决收入贫困向解决多维贫困转变，从重点解决农村贫困问题向统筹城乡扶贫转变，我国应加快建立对城镇家庭贫困状况的监测体系，构建包含食品、能源、健康等多维度的监测指标体系，及时准确的度量城镇地区的贫困人群的消费特征现状。

二是加快缓解地区之间的能源不平等。我国中部地区的能源贫困问题较为严重，电力相对贫困率达到 30% 以上。建议加大研究投入，识别影响中部地区能源贫困的关键因素，同时出台激励政策推动中部地区家庭能源消费向清洁能源转型。

三是建议设立专项能源贫困补助资金，给予低收入家庭更多的资金支持。冬季受极端天气、燃料价格上升等因素影响，部分低收入家庭受限于经济收入约束，会通过增加煤炭、薪柴等生物质能来补充供暖不足的影响，然而煤炭价格飙升又进一步加剧了低收入家庭的取暖难度。因此，建议通过补贴的方式，缓解低收入家庭的能源可支付性问题。

四是继续把发展经济放在首位，只有不断加大人力资本积累、提高居民收入，才能从根本上解决能源可支付性问题。我国目前还有 1/5 的城镇家庭的能源消费仅仅满足了生存需求，未来随着收入不断提高，家庭能源消费会进一步增长，实现改善型消费。

五是通过本文研究发现，电力价格增长会加大家庭陷入能源贫困的概率，因此建议谨慎对待取消居民电费补贴的提议，科学评估取消居民电费补贴可能产生的负面影响。

参考文献

- 郝宇、尹佳音、杨东伟，2014：《中国能源贫困的区域差异探究》，《中国能源》第 11 期。
- 李慷、刘春锋、魏一鸣，2011：《中国能源贫困问题现状分析》，《中国能源》第 8 期。
- 李慷、王科、王亚璇，2014：《中国区域能源贫困综合评价》，《北京理工大学学报（社会科学版）》第 2 期。
- 李世祥、许蓝志、马海燕，2020：《国内外能源扶贫研究的热点和前沿分析——基于 CiteSpace V 的可视化计量》，《华北电力大学学报（社会科学版）》第 2 期。
- 廖华、唐鑫、魏一鸣，2015：《能源贫困研究现状与展望》，《中国软科学》第 8 期。
- 马翠萍、史丹，2020：《中国能源扶贫 40 年及效果评价》，《中国能源》第 9 期。
- 宋扬、赵君，2015：《中国的贫困现状与特征：基于等值规模调整后的再分析》，《管理世界》第 10 期。
- 孙久文、夏添，2019：《中国扶贫战略与 2020 年后相对贫困线划定——基于理论、政策和数据的分析》，《中国农村经济》第 10 期。
- 孙威、韩晓旭、梁育填，2014：《能源贫困的识别方法及其应用分析——以云南省怒江州为例》，《自然资源学报》第 4 期。
- 王小林、冯贺霞，2020：《2020 年后中国多维相对贫困标准：国际经验与政策取向》，《中国农村经济》第 3 期。
- 魏一鸣、廖华、王科、郝宇，2014：《中国能源报告（2014）：能源贫困研究》，科学出版社。
- 姚建平，2013：《中国农村能源贫困现状与问题分析》，《华北电力大学学报：社会科学版》第 6 期。
- 叶初升，2019：《中等收入阶段的发展问题与发展经济学理论创新——基于当代中国经济实践的一种理论建构性探索》，《经济研究》第 8 期。
- 游士兵、张颖莉，2017：《资产贫困测量问题研究进展》，《经济学动态》第 10 期。
- 张冰子、贾坤、申广军，2019：《城镇贫困的特征演变》，《统计研究》第 2 期。
- 张忠朝，2014：《农村家庭能源贫困问题研究——基于贵州省盘县的问卷调查》，《中国能源》第 1 期。
- 郑新业、魏楚、秦萍、宋枫、虞义华，2015：《中国家庭能源消费研究报告（2014）》，《科学出版社》。
- Barnes, D. F., Khandker, S. R., & Samad, H. A., 2011, "Energy Poverty in Rural Bangladesh", *Energy Poli-*

傅佳莎等：中国城镇家庭能源贫困评估

cy, 39 (2): 894 – 904.

Barnes, D., & Sen, M., 2004, “The Impact of Electrification on Women’s Lives in Rural India” *Energia News*, 7 (1): 13 – 14.

Bouzarovski, S., Petrova, S., & Sarlamanov, R., 2012, “Energy Poverty Policies in the EU: A Critical Perspective”, *Energy policy*, 49: 76 – 82.

Casillas, C. E., & Kammen, D. M., 2010, “The Energy-Poverty-Climate Nexus”, *Science*, 330 (6008): 1181 – 1182.

Clancy, J. S., Skutsch, M., & Batchelor, S., 2003, “The Gender-Energy-Poverty Nexus: Finding the Energy to Address Gender Concerns in Development”, *DFID Project CNTR998521*.

Darby, S. J., 2012, “Metering: EU Policy and Implications for Fuel Poor Households”, *Energy Policy*, 49: 98 – 106.

Davis, G. A., 2020, “End Poverty in All Its Forms Everywhere”, In *Mining, Materials, and the Sustainable Development Goals (SDGs)* (pp. 1 – 6), CRC Press.

DECC, 2011, “Annual Report on Fuel Poverty Statistics”, Department of Energy & Climate Change, UK.

DEFRA, 2005, “The UK Fuel Poverty Strategy”, Department for Environment Food and Rural Affairs, UK.

Foster, V., Tre, J. P., & Wodon, Q., 2000, “Energy Prices, Energy Efficiency, and Fuel Poverty”, *Latin America and Caribbean Regional Studies Programme*. Washington, DC: World Bank.

Guertler, P., 2012, “Can the Green Deal Be Fair Too? Exploring New Possibilities for Alleviating Fuel Poverty”, *Energy Policy*, 49: 91 – 97.

Healy, J. D., & Clinch, J. P., 2004, “Quantifying the Severity of Fuel Poverty, Its Relationship with Poor Housing and Reasons for Non-Investment in Energy-Saving Measures in Ireland”, *Energy Policy*, 32 (2): 207 – 220.

IEA, 2004, *World Energy Outlook 2004*, OECD/IEA, Paris.

IEA, 2010, *World Energy Outlook 2010*, OECD/IEA, Paris.

IEA, 2012, *World Energy Outlook 2012*, OECD/IEA, Paris.

Kaygusuz, K., 2011, “Energy Services and Energy Poverty for Sustainable Rural Development”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (2): 936 – 947.

Khandker, S. R., Barnes, D. F., & Samad, H. A., 2012, “Are the Energy Poor Also Income Poor? Evidence from India”, *Energy Policy*, 47: 1 – 12.

Lewis, P., 1982, *Fuel Poverty Can Be Stopped*, National Right to Fuel Campaign.

Liddell, C., Morris, C., McKenzie, S. J. P., & Rae, G., 2012, “Measuring and Monitoring Fuel Poverty in the UK: National and Regional Perspectives”, *Energy Policy*, 49: 27 – 32.

Nussbaumer, P., Bazilian, M., & Modi, V., 2012, “Measuring Energy Poverty: Focusing on What Matters”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (1): 231 – 243.

Pachauri, S., Mueller, A., Kemmler, A., & Spreng, D., 2004, “On Measuring Energy Poverty in Indian Households”, *World Development*, 32 (12): 2083 – 2104.

Pereira, M. G., Freitas, M. A. V., & da Silva, N. F., 2011, “The Challenge of Energy Poverty: Brazilian Case Study”, *Energy Policy*, 39 (1): 167 – 175.

Rehfuess, E., & World Health Organization., 2006, “*Fuel for Life: Household Energy and Health*”, World Health Organization.

Sagar, A. D., 2005, “Alleviating Energy Poverty for the World’s Poor”, *Energy Policy*, 33 (11): 1367 – 1372.

Sovacool, B. K., 2012, “The Political Economy of Energy Poverty: A Review of Key Challenges”, *Energy for Sustainable Development*, 16 (3): 272 – 282.

Ürge-Vorsatz, D., & Herrero, S. T., 2012, “Building Synergies Between Climate Change Mitigation and Energy Poverty Alleviation”, *Energy Policy*, 49: 83 – 90.

Von Schirnding, Y., Bruce, N., Smith, K., Ballard-Tremeer, G., Ezzati, M., & Lvovsky, K., 2002, “*Addressing the Impact of Household Energy and Indoor Air Pollution on the Health of Poor: Implications for Policy Action*”

and *Intervention Measures* (p. 52)", Geneva: World Health Organization.

Walker, G. , & Day, R. , 2012, "Fuel Poverty as Injustice: Integrating Distribution, Recognition and Procedure in the Struggle for Affordable Warmth", *Energy Policy*, 49: 69 - 75.

Wilkinson, P. , Smith, K. R. , Davies, M. , Adair, H. , Armstrong, B. G. , Barrett, M. , ... & Chalabi, Z. , 2009, "Public Health Benefits of Strategies to Reduce Greenhouse-Gas Emissions: Household Energy", *The Lancet*, 374 (9705): 1917 - 1929.

World Health Organization, 2016, "Burning Opportunity: Clean Household Energy for Health, Sustainable Development, and Wellbeing of Women and Children", World Health Organization.

Wu, S. , Zheng, X. , & Wei, C. , 2017, "Measurement of Inequality Using Household Energy Consumption Data in Rural China", *Nature Energy*, 2 (10): 795 - 803.

(责任编辑: 刘舫舫)

ASSESSING ENERGY POVERTY FOR CHINESE URBAN HOUSEHOLD

—Empirical Evidence from Chinese Residential Energy Consumption Survey

FU Jiasha¹ CAI Fuxiang² WEI Chu³

1. Research Institute of Economics and Management, Southwestern University of Finance and Economics;
2. Huatai United Securities;
3. School of Applied Economics, Renmin University of China)

Abstract: The focus of China's poverty alleviation work has shifted to alleviating unbalanced and insufficient relative poverty, and from solving income poverty to solving multidimensional poverty. Investigating the characteristics of urban household energy consumption and measuring the distribution of energy poverty provide a scientific management basis for poverty alleviation. This paper constructs the framework of household energy consumption decision-making, and uses the first Chinese residents' energy consumption survey to investigate whether there is a nonlinear relationship between residents' income and energy consumption, and measures the energy poverty of urban households in China. It is found that there is a nonlinear relationship between residents' income and energy consumption. Energy price, family characteristics and regional characteristics all play an important role in energy consumption decision-making. The relative energy poverty of urban households in China is serious, mainly manifested in the problem of energy affordability. The energy poverty rate is about 20%, of which the power poverty rate is more than 25%. The increase of family income, the improvement of education level, the popularization of urban power infrastructure and the improvement of urban environmental regulation level will significantly reduce the possibility of falling into energy poverty, and the rise of power price will significantly increase the probability of falling into energy poverty.

Key words: Energy poverty; Energy affordability; Household energy consumption survey; Nonlinear relation