

# 家庭能源消费转型：互联网使用和非农就业的影响

于翔

同济大学经济与管理学院，上海

收稿日期：2022年12月11日；录用日期：2023年1月12日；发布日期：2023年1月19日

## 摘要

鼓励家庭使用清洁能源，推进能源消费清洁化转型对可持续发展目标实现具有重要意义。本文结合清洁能源决策约束因素，采用中国家庭追踪调查CFPS 2016~2018年数据，通过三变量递归probit模型实证分析互联网使用、非农就业对农户家庭清洁炊事燃料使用的影响。结果表明，网络使用有助于促进家庭使用清洁能源，且平均边际效应为6.4%；参与非农就业会促进家庭使用清洁能源的概率提升1.45%。个体决策与家庭决策相互影响，修正双重选择偏误后，互联网使用和非农就业对促进家庭清洁用能仍具有显著正向影响。由此，在加强乡村网络基础设施建设的同时，注重农村劳动力向非农行业扩展问题，发挥政策组合效应，稳步推进家庭能源消费可持续发展。

## 关键词

能源消费转型，互联网，三变量递归Probit模型

# Household Energy Consumption Transition: The Impact of the Internet Use and Off-Farm Employment

Xiang Yu

School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai

Received: Dec. 11<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jan. 12<sup>th</sup>, 2023; published: Jan. 19<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

It is significant to encourage households to use clean energy and promote the transformation of clean energy consumption to realize sustainable development goals. In this paper, the impacts of

Internet use and non-agricultural employment on household clean cooking fuel use were empirically analyzed by using a trivariate recursive probit model based on the data of China Family Panel Studies (CFPS 2016~2018) combined with the constraints of clean energy decision making. The results show that Internet use can promote household clean energy use, and the average marginal effect is 6.4 percent. Households with non-farm employment are 1.45 percent more likely to use clean energy. Individual decision-making and household decision-making interact with each other. After correcting the double selection bias, Internet use and non-agricultural employment still have a significantly positive effect on promoting household cleaning energy use. Therefore, while strengthening the construction of rural network infrastructure, the expansion of the rural labor force to non-agricultural industries also determines notice, using policy combination and steadily promoting the sustainable development of household energy consumption.

## Keywords

### Transformation of Energy Consumption, Internet, Trivariate Recursive Probit Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

碳排放急剧增长导致全球变暖,引起极端天气事件频发、广发,对生态环境、粮食和居住安全等造成严重影响,可能阻碍全球可持续发展目标实现。今年以来,热浪、干旱和洪水等极端天气已影响数百万人,造成数十亿美元损失[1]。生活方式向绿色低碳转型是减少温室气体排放的重要先决条件。联合国环境规划署发布的《2020 排放差距报告》显示,基于消费的温室气体排放核算法,全球约 2/3 的排放与家庭相关[2]。作为全球最大的碳排放国,2020 年中国宣布,将力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值,2060 年前实现碳中和。党的二十大报告指出,加快推动能源结构调整优化,倡导绿色消费,推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式[3]。厘清中国家庭能源消费影响因素,促进生活方式清洁化转型刻不容缓。中国能源发展不平衡,不充分问题突出,2018 年清洁能源在农村能源消费总量占比不足 25%,截至 2020 年,农村电气化率为 18%左右,仍有较大提升空间[4]。尽管已有大量研究关注农户能源消费影响因素,整合互联网使用、非农就业和清洁燃料选择三者相互作用机制,考虑双重选择偏差的系统研究尚显匮乏。因此,本文旨在分析决策过程之间的联系,将网络使用、非农就业与清洁燃料选择纳入统一框架,评估互联网和非农就业对农户炊事能源从传统生物质燃料向现代燃料转型的积极影响。

## 2. 文献回顾与理论分析

### 2.1. 家庭清洁能源使用影响因素研究

家庭能源消费结构对居民福利具有重要作用,向来是学者研究的重点。对个体而言,能源贫困会加剧室内空气污染,导致居民健康受损,而清洁能源的使用能够显著提升健康水平[5] [6] [7]。家庭用能清洁化转型亦有利于减少碳排放,改善环境,利于社会整体福祉改进[8] [9]。世界银行报告显示,截至 2020 年,全世界仍有 4 亿人能以获得清洁、便利、安全且可靠的炊事能源。探究能源消费决策过程,厘清不同变量作用过程对缓解能源贫困,改善居民生活具有重要意义[10]。

尽管炊事燃料选择存在巨大地区差异,家庭整体或个人是炊事燃料选择的最终决策者。能源阶梯理论指出,居民能源消费倾向于从以秸秆、薪柴等为代表的传统生物质能燃料逐渐向电力、天然气等现代

燃料发展[11]。能源的可负担性与可及性是影响家庭能源选择的重要因素[12]。生物质能燃料往往通过种植农作物再利用、家庭成员收集等方式获取，成本一般低于电力、天然气等能源，而被农村地区广泛使用[13]。研究显示，与农贸市场的距离、交通设施便利性对燃料选择均具显著影响[13] [14]。

家庭社会经济地位会改变燃料选择行为。家庭收入水平、总资产、房屋情况等财富相关变量，能提升清洁燃料使用概率[15] [16] [17]。此外，部分研究指出，家庭规模和人口结构会影响能源消费水平，65岁以上人口比例的增加与能源消耗的提升相对应[18] [19]。随着家庭规模扩大，家庭日常开支增加，影响能源消费。户主往往是家庭行为最终决策者。相较男性，女性往往有更高可能性尝试新技术，更有可能为家庭选择清洁燃料[20] [21]。随着年龄提升，接受新事物的水平可能下降，更倾向于选择传统生物质能源。研究发现，年龄越大，使用薪柴概率越高，选择液化石油气、沼气等新型可再生能源的可能性显著降低[22] [23]。研究对教育在清洁燃料选择产生的积极作用已基本形成共识，教育水平更高，对不充分燃烧产生的危害更加了解，增加对清洁高效能源的偏好，更有可能为家庭选择清洁型能源[17] [21] [24]。

## 2.2. 互联网与非农就业

基于互联网等基础设施建设，借助信息通信技术，网络发展可通过消费互联网和工业互联网的普及改变就业选择与决策。一方面，消费互联网能够提供大量信息，创造新型就业机会，为求职者提供更多可能性；另一方面，工业互联网带来的工业智能化正替代部分低技能劳动，增加第三产业就业份额，促进农村劳动力向数字化非农行业流动[25]。毛宇飞等(2019)基于中国综合社会调查数据，研究发现将互联网作为主要信息渠道，有助于促进个体标准就业和机会型专业的概率[26]。宋林和何洋(2020)采用 probit 模型和倾向得分匹配方法，研究认为互联网使用拓宽了劳动力就业信息渠道，促进劳动力由农业部门向非农业部门转移，且互联网带来的信息效应在壮年劳动力中更为明显[27]。

尽管上述研究从信息渠道、技术替代、社会资本等角度对互联网使用与非农就业转变进行讨论与分析，但从研究方法来看，多关注两决策过程的内生性，侧重考虑互联网产生的影响，对于个体使用互联网这一决策过程的讨论存在不足。

## 2.3. 互联网使用、非农就业与清洁燃料

根据效用理论，个体通过调整商品消费和闲暇时间以最大化满足个人需求[28]。一方面，收入水平提升往往意味着更多的消费，个体可以在食品、衣着以外更多维度增加投入，如交通出行、医疗、家庭设备等，促进消费优化升级。张慧芳和朱雅玲(2017)从时间影响和城乡差异双视域研究居民收入结构与消费结构演化的差异，结果表明工资性收入是促进消费结构优化升级最主要的收入因素[29]。研究表明，非农就业能够显著提升个体或家庭收入水平[30] [31]。王萍等(2020)利用陕西省专项调查数据，采用 Tobit 模型研究发现，人均务工收入增加能直接推动商品性能能源消费，显著降低生物质能源选择[32]。另一方面，随着非农就业机会增加，收集薪柴的机会成本大幅增加，通过比较成本，家庭更有可能做出能源替代选择[33]。随着收入提升和比较时间成本增加，农户家庭将购买更多高效的能源性资产[34]。

尽管已有部分研究对互联网与清洁燃料的关系进行探讨，但考虑网络使用内生性，并将非农就业选择和能源转型决策纳入统一分析框架的直接证据较少。利用来自 5000 多个爱尔兰家庭的智能电表读数识别家庭能源行为，Tong X 等(2016)发现就业状况、互联网使用分别与家庭用能情况高度相关[35]。

# 3. 研究设计

## 3.1. 数据来源

本文数据选自北京大学中国家庭追踪调查(CFPS) 2016 年和 2018 年，该数据样本覆盖了全国 25 个省

市/自治区,共采集个人问卷约 44,000 份,完成约 15,000 个家庭访问。CFPS 问卷涉及个人和家庭基本情况,并包含网络使用、燃料选择、就业选择等丰富信息。考虑到清洁燃料使用一般为家庭行为,决策多由户主做出,因此本文重点关注户主样本,以家庭“财务回答人”作为户主与个人信息库匹配。考虑年龄对就业选择的影响,参考 Stabrids 和 Gameraen (2018)的做法[36],本文选取 15~75 岁样本,经年份、个人与家庭信息匹配,剔除缺失、异常值后共获得 7601 个有效家庭样本数据。

### 3.2. 模型设定

由于本文采用的家庭清洁能源衡量指标是农户对炊事燃料的选择,是二元变量。参考文献常用方法 [22] [25],本文以 probit 模型作为基准,分析互联网使用和非农就业对居民能源决策的影响。具体方程如下:

$$F^* = \alpha I(A) + \beta X' + \varepsilon \quad (1)$$

$F^*$ 代表家庭清洁燃料选择情况的潜变量,使用清洁炊事燃料由其互联网使用情况  $I$  或非农就业  $A$  和其他协变量  $X'$ 共同决定。仅  $F^* > 0$  时,才可观测。考虑到互联网使用、非农就业和清洁燃料变量均为二元变量,且三个决策过程之间可能存在联系,构建三变量递归 probit 方程模型,得到最终决策模型式:

$$F^* = \alpha_I I + \alpha_A A + \beta_F X'_F + \varepsilon_A \quad (2)$$

然而只有  $A^* > 0$  时,才能够观测到个体选择。在此方程中,假设非农就业由外生协变量  $X'$ 和互联网使用情况  $I$  决定,得非农就业决策方程式:

$$A^* = \gamma_I I + \beta_A X'_A + \varepsilon_A \quad (3)$$

互联网使用也是不可直接观测的,同理可得决策表达式:

$$I^* = \beta_I X'_I + \varepsilon_I \quad (4)$$

上述三个方程通过误差项相互联系,假定误差项独立同分布,且服从三元正态分布。因此,本文采用最大 GHK 模拟多元正态分布函数,应用最大模拟似然方法估计相关参数。

### 3.3. 变量选取和说明

1) 因变量。家庭清洁燃料使用情况,本文使用问卷中对于炊事燃料的选择的回答进行衡量。当农户主要使用沼气、液化石油气或煤气、天然气和电作为炊事燃料时,认为该户使用清洁能源。当农户主要使用柴草或煤炭时,认为该户使用非清洁能源。

2) 核心自变量。本文重点关注互联网使用和非农就业参与对农户使用清洁能源的影响,选取农户是否使用互联网刻画农户网络使用情况,采用是否从事非农工作衡量个体就业选择。

3) 控制变量。基于以往研究及数据可得性,本文分别从所在地区、农户家庭、个人三个层面控制特征变量。地区特征包括地区网络 and 不同区域划分,家庭特征包括家庭抚养比、家庭收入、家庭规模、家庭总资产和房屋情况,个体情况包括年龄、性别、教育年限和智力水平。

## 4. 实证结果分析

### 4.1. 描述性统计分析

表 1 展示了家户样本的基本情况。有 55.7% 户主为男性,平均年龄为 51.93。平均而言仅有 25.9% 的农户使用电脑或手机上网,有 49.1% 的用户使用清洁燃料。平均而言,这些家庭户主平均受教育年限为 5.63 年,收入水平接近中等,平均智力水平较高。样本的其余特征变量特征可见表 1。

**Table 1. Summary statistics**  
**表 1. 描述性统计**

变量特征			
变量	描述	平均值	标准差
互联网使用	使用互联网 = 1, 不使用互联网 = 0	0.259	0.438
清洁燃料	使用清洁燃料 = 1, 未使用清洁燃料 = 0	0.491	0.500
非农就业	从事非农工作 = 1, 不从事非农工作 = 0	0.242	0.428
年龄	户主的年龄	51.93	11.809
性别	男性 = 1, 女性 = 0	0.557	0.497
教育年限	接受教育的时间长度	5.625	4.359
智力水平	很低 = 1, 很高 = 7	5.121	1.366
婚姻情况	结婚或有伴侣同居 = 1, 离婚或独居或无伴侣同居 = 0	0.893	0.309
家庭抚养比	家庭里年龄小于 6 岁或大于 60 岁成员 占家庭成员总数比值	0.312	0.300
家庭收入	低收入 = 1, 中收入 = 2, 高收入 = 3	1.624	0.705
家户规模	家庭成员数量	4.502	2.073
家庭总资产	家庭总资产取对数	12.078	1.134
房屋情况	单元房 = 1, 平房 = 2, 其他 = 3	2.331	0.513
地区网络使用水平	地区互联网使用均值	0.320	0.127
东部地区	东部地区 = 1, 否则 = 0	0.248	0.432
西部地区	西部地区 = 1, 否则 = 0	0.365	0.481
中部地区	中部地区 = 1, 否则 = 0	0.257	0.437
东北地区	东北地区 = 1, 否则 = 0	0.130	0.337
样本量			7601

#### 4.2. 互联网使用与清洁燃料

互联网使用对清洁燃料影响的整体回归见表 2。回归 1 对互联网使用单独进行回归。回归 2 加入了年龄、性别等个体特征变量，考察户主差异性对燃料选择的影响。为充分评估年龄的非线性影响，本文将年龄的平方项纳入模型。考虑到燃料选择往往是家庭行为，回归 3 加入家庭抚养比、家庭规模、家庭经济水平和房屋情况变量以刻画家庭环境。回归 4 进一步加入代表区域和时间差异的虚拟变量。为进一步对比影响，回归 5 去除互联网使用变量。

**Table 2.** Regression analysis result about internet use and clean fuel  
**表 2.** 互联网使用对清洁燃料的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
互联网使用	0.504 <sup>***</sup> (15.09)	0.374 <sup>***</sup> (9.47)	0.257 <sup>***</sup> (6.28)	0.241 <sup>***</sup> (5.61)	
年龄		0.0402 <sup>***</sup> (4.40)	0.0185 <sup>*</sup> (1.81)	0.0178 <sup>*</sup> (1.71)	0.00639 (0.62)
年龄平方项		-0.000383 <sup>***</sup> (-4.33)	-0.000168 <sup>*</sup> (-1.65)	-0.000212 <sup>**</sup> (-2.02)	-0.000137 (-1.33)
性别		-0.287 <sup>***</sup> (-9.37)	-0.273 <sup>***</sup> (-8.69)	-0.222 <sup>***</sup> (-6.76)	-0.222 <sup>***</sup> (-6.80)
智力水平		-0.00306 (-0.27)	-0.0237 <sup>**</sup> (-2.06)	-0.00782 (-0.64)	-0.00502 (-0.41)
教育年限		0.0569 <sup>***</sup> (15.17)	0.0419 <sup>***</sup> (10.72)	0.0334 <sup>***</sup> (8.27)	0.0370 <sup>***</sup> (9.27)
婚姻		-0.0904 <sup>*</sup> (-1.87)	-0.156 <sup>***</sup> (-3.08)	-0.192 <sup>***</sup> (-3.70)	-0.195 <sup>***</sup> (-3.75)
家庭抚养比			0.0723 (1.10)	0.0354 (0.53)	0.0420 (0.63)
家庭规模			-0.0292 <sup>***</sup> (-3.67)	-0.0265 <sup>***</sup> (-3.22)	-0.0280 <sup>***</sup> (-3.40)
家庭总资产			0.247 <sup>***</sup> (15.23)	0.220 <sup>***</sup> (13.20)	0.225 <sup>***</sup> (13.53)
房屋状况			0.105 <sup>***</sup> (3.46)	0.0554 <sup>*</sup> (1.72)	0.0550 <sup>*</sup> (1.72)
家庭收入			0.288 <sup>***</sup> (11.80)	0.284 <sup>***</sup> (11.32)	0.295 <sup>***</sup> (11.78)
东部地区				0.759 <sup>***</sup> (14.05)	0.749 <sup>***</sup> (13.91)
西部地区				-0.0357 (-0.68)	-0.0408 (-0.78)

## Continued

中部地区				0.492 <sup>***</sup>	0.489 <sup>**</sup>
				(9.05)	(9.00)
年份				0.0733 <sup>***</sup>	0.0933 <sup>***</sup>
				(4.41)	(5.76)
常数	-0.151 <sup>***</sup>	-1.183 <sup>***</sup>	-3.974 <sup>***</sup>	-151.5 <sup>***</sup>	-191.5 <sup>***</sup>
	(-9.03)	(-4.93)	(-12.75)	(-4.53)	(-5.86)
样本量	7601	7601	7601	7601	7601

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示 1%、5%、10% 的显著水平。括号内为 z 值。

根据回归结果，主要变量系数显著，支持前文理论观点。从各个回归可以看出，互联网使用影响均为正且显著，表明随着家户开始使用互联网，家庭选择清洁燃料的概率也增加。年龄变化对燃料选择影响显著。与先前研究一致，女性户主使用清洁燃料的概率更大，教育对清洁燃料的选择具有正向影响。根据回归 3，家庭经济地位越高，越有可能使用更清洁的能源。回归 4 结果显示，能源选择决策具有明显地区和时间差异。随着控制变量的依次加入，可以观察到互联网使用的效果逐渐减弱，正向影响依旧显著。与回归 5 结果相比，随着互联网因素的加入，个体教育、家庭经济水平、家庭总资产等正向因素效果减弱。研究表明，互联网使用能提供丰富信息，拓展个体收入来源，一定程度能弥补教育及经济水平的不足，降低城乡间燃料选择差距。数据结果显示，智力水平和家庭抚养比的效果不明显[37]。

### 4.3. 非农就业与清洁燃料

非农就业通过不同行业间工资率差异，提升家庭经济能力，从而对清洁能源选择具有促进作用。非农就业对家庭清洁燃料影响的实证分析结果见表 3。非农就业系数在各个回归中均为正，说明非农就业可以显著促进我国家庭能源清洁化转型。整体而言，协变量回归系数与前文结果一致，一定程度反映变量稳健性。回归 4 相较于回归 5，非农就业利于降低城乡、教育水平的差距。值得注意的是，非农就业的加入加剧了燃料选择的性别差异，这可能是家庭中，往往男性参与劳动的概率更高，参与非农就业比例也更大。

**Table 3.** Regression analysis result about non-agricultural employment and clean fuel

**表 3.** 非农就业对清洁燃料的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
非农就业	0.758 <sup>***</sup>	0.685 <sup>***</sup>	0.549 <sup>***</sup>	0.460 <sup>***</sup>	
	(21.58)	(18.13)	(13.83)	(11.33)	
年龄		0.0370 <sup>***</sup>	0.0193 <sup>*</sup>	0.0170	0.00639
		(4.07)	(1.91)	(1.64)	(0.62)
年龄平方项		-0.000355 <sup>***</sup>	-0.000171 <sup>*</sup>	-0.000200 <sup>*</sup>	-0.000137
		(-4.00)	(-1.67)	(-1.91)	(-1.33)

## Continued

性别	-0.344 <sup>***</sup>	-0.321 <sup>***</sup>	-0.263 <sup>***</sup>	-0.222 <sup>***</sup>
	(-11.07)	(-10.08)	(-7.95)	(-6.80)
智力水平	-0.0121	-0.0292 <sup>**</sup>	-0.00989	-0.00502
	(-1.07)	(-2.52)	(-0.81)	(-0.41)
教育年限	0.0526 <sup>***</sup>	0.0389 <sup>***</sup>	0.0315 <sup>***</sup>	0.0370 <sup>***</sup>
	(13.95)	(9.93)	(7.79)	(9.27)
婚姻	-0.0536	-0.134 <sup>***</sup>	-0.172 <sup>***</sup>	-0.195 <sup>***</sup>
	(-1.10)	(-2.63)	(-3.30)	(-3.75)
家庭抚养比		0.0649	0.0324	0.0420
		(0.98)	(0.48)	(0.63)
家庭规模		-0.0254 <sup>***</sup>	-0.0235 <sup>***</sup>	-0.0280 <sup>***</sup>
		(-3.18)	(-2.84)	(-3.40)
家庭总资产		0.252 <sup>***</sup>	0.225 <sup>***</sup>	0.225 <sup>***</sup>
		(15.47)	(13.48)	(13.53)
房屋状况		0.0821 <sup>***</sup>	0.0427	0.0550 <sup>*</sup>
		(2.68)	(1.32)	(1.72)
家庭收入		0.240 <sup>***</sup>	0.247 <sup>***</sup>	0.295 <sup>***</sup>
		(9.62)	(9.69)	(11.78)
东部地区			0.700 <sup>***</sup>	0.749 <sup>***</sup>
			(12.87)	(13.91)
西部地区			-0.0442	-0.0408
			(-0.84)	(-0.78)
中部地区			0.459 <sup>***</sup>	0.489 <sup>***</sup>
			(8.39)	(9.00)
年份			0.0888 <sup>***</sup>	0.0933 <sup>***</sup>
			(5.44)	(5.76)
常数	-0.200 <sup>***</sup>	-1.094 <sup>***</sup>	-3.968 <sup>***</sup>	-182.7 <sup>***</sup>
	(-12.02)	(-4.65)	(-12.77)	(-5.55)
样本量	7601	7601	7601	7601

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示 1%、5%、10%的显著水平。括号内为 z 值。



通过 probit 模型估计得到的参数含义不直观, 本文对互联网使用和非农就业对家庭清洁燃料使用产生的平均边际效应和特定值边际效应作进一步计算, 结果见表 4。具体而言, (1) (4)列计算互联网对清洁燃料使用的直接边际效应, (2) (5)列计算非农就业对清洁燃料使用的边际效应, (3)和(6)列将互联网使用和非农就业同时纳入考量。数据结果显示, 当其他变量保持不变, 使用互联网后, 家庭使用清洁燃料的概率会提升 8.0%; 参与非农就业会促进家庭清洁燃料使用的概率提升 1.51%。同时考虑两种因素时, 互联网使用和非农就业对燃料清洁化概率提升作用分别为 6.4%和 1.45%。特定值边际效应与平均边际效应结果相似, 均表明网络使用和参与非农就业对家庭能源消费结构转型具有显著积极作用。

**Table 4.** Marginal effect estimation results

**表 4.** 边际效应估计结果

变量	平均边际效应			特定值边际效应		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
互联网使用	0.080*** (0.014)		0.064*** (0.014)	0.081*** (0.015)		0.067*** (0.015)
非农就业		0.151*** (0.013)	0.145*** (0.013)		0.156*** (0.014)	0.150*** (0.014)
年龄	0.006* (0.003)	0.006 (0.003)	0.008** (0.003)	0.006* (0.004)	0.006 (0.004)	0.009** (0.004)
年龄平方	-0.000** (0.000)	-0.000* (0.000)	-0.000** (0.000)	-0.000** (0.000)	-0.000* (0.000)	-0.000** (0.000)
性别	-0.074*** (0.011)	-0.086*** (0.011)	-0.085*** (0.011)	-0.075*** (0.011)	-0.089*** (0.011)	-0.089*** (0.011)
智力水平	-0.003 (0.004)	-0.003 (0.004)	-0.004 (0.004)	-0.003 (0.004)	-0.003 (0.004)	-0.004 (0.004)
教育年限	0.011*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.009*** (0.001)	0.011*** (0.001)	0.011*** (0.001)	0.010*** (0.001)
婚姻状况	-0.064*** (0.017)	-0.057*** (0.017)	-0.056*** (0.017)	-0.065*** (0.017)	-0.058*** (0.018)	-0.058*** (0.018)
家庭抚养比	0.012 (0.022)	0.011 (0.022)	0.009 (0.022)	0.012 (0.023)	0.011 (0.023)	0.009 (0.023)
家庭规模	-0.009*** (0.003)	-0.008*** (0.003)	-0.007*** (0.003)	-0.009*** (0.003)	-0.008*** (0.003)	-0.008*** (0.003)
家庭总资产	0.073*** (0.005)	0.074*** (0.005)	0.072*** (0.005)	0.074*** (0.005)	0.076*** (0.005)	0.075*** (0.006)

Continued

房屋情况	0.018 <sup>*</sup> (0.011)	0.014 (0.011)	0.014 (0.011)	0.019 <sup>*</sup> (0.011)	0.014 (0.011)	0.015 (0.011)
家庭收入水平	0.094 <sup>***</sup> (0.008)	0.081 <sup>***</sup> (0.008)	0.079 <sup>***</sup> (0.008)	0.096 <sup>***</sup> (0.008)	0.084 <sup>***</sup> (0.008)	0.082 <sup>***</sup> (0.009)
东部地区	0.252 <sup>***</sup> (0.017)	0.230 <sup>***</sup> (0.017)	0.232 <sup>***</sup> (0.017)	0.255 <sup>***</sup> (0.017)	0.237 <sup>***</sup> (0.018)	0.241 <sup>***</sup> (0.018)
西部地区	-0.012 (0.017)	-0.015 (0.017)	-0.013 (0.017)	-0.012 (0.018)	-0.015 (0.018)	-0.014 (0.018)
中部地区	0.163 <sup>***</sup> (0.018)	0.151 <sup>***</sup> (0.018)	0.151 <sup>***</sup> (0.018)	0.166 <sup>***</sup> (0.018)	0.156 <sup>***</sup> (0.018)	0.157 <sup>***</sup> (0.018)
年份	0.024 <sup>***</sup> (0.005)	0.029 <sup>***</sup> (0.005)	0.024 <sup>***</sup> (0.005)	0.025 <sup>***</sup> (0.006)	0.030 <sup>***</sup> (0.005)	0.025 <sup>***</sup> (0.006)
样本量	7601	7601	7601	7601	7601	7601

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示 1%、5%、10% 的显著水平。括号内为 z 值。

#### 4.4. 互联网、非农就业与清洁燃料

如前文所述，互联网的使用可能同时影响到非农就业与清洁燃料选择，存在双重选择偏误，因此本文使用三变量递归 probit 模型进行联合估计。互联网使用决策、非农就业选择与家庭清洁燃料联合估计结果，见表 5。结果显示，和在 1% 水平上显著，联合显著性检验等于 0 的假设被拒绝，说明三个决策方程之间存在相互影响，联合统计结果有效。

对于互联网使用，地区网络发展水平和不同区域对个体选择识别具有重要作用，表明区域互联网基础设施能够对决策产生显著影响。个体特征方面，随着年龄上升，使用网络的概率显著降低，可能由于老年人认知水平、反应速度等降低，接受新事物意愿下降，难以通过互联网获取信息或各类服务。个体及家庭社会经济地位的提升往往意味着有更高的意愿尝试新技术，有更强的能力支付宽带服务。估计结果显示，随着个体教育、家庭总资产、收入水平提升，户主使用网络的概率明显提升。互联网使用概率的区别在性别和婚姻情况之间并不显著，这也部分反映出个体意愿对选择的影响。

与之前研究一致，使用互联网能够显著提升非农就业概率[27]。与网络使用情况不同，个体做出非农就业选择表现出显著的性别和地区差距。我国东部地区经济发展更快，第三产业占比相较于其他区域更高，接触非农性工作可能性更大。相较于男性，女性更有可能承担更多照料老人和小孩的责任，非农就业概率降低。

对于清洁燃料决策方程，相较前述结果，互联网使用和非农就业影响显著为正，表明两者对家庭能源清洁化转型的积极作用，在综合决策框架下分析仍具有重要意义。同时考虑互联网和非农就业后，老年人选择清洁用概率更高，可能的解释是使用互联网的老人利用网络信息，拓宽非农就业收入渠道，进而提升了清洁燃料负担能力。这一结果对进一步拓展我国清洁用能覆盖面，促进农户能源清洁化转型具有重要意义。

**Table 5.** Trivariate recursive probit result about internet use, non-agricultural employment and clean fuel  
**表 5.** 互联网使用、非农就业与清洁燃料三元递归 probit 回归结果

数量	互联网使用	非农就业	清洁燃料
互联网使用		0.575 <sup>***</sup> (5.51)	0.593 <sup>***</sup> (5.44)
非农就业			0.462 <sup>***</sup> (3.49)
年龄	-0.0759 <sup>***</sup> (-5.59)	-0.0174 (-1.37)	0.0452 <sup>***</sup> (4.01)
年龄的平方	0.0000404 (0.28)	-0.0000834 (-0.66)	-0.000385 <sup>***</sup> (-3.56)
性别	0.0444 (1.11)	0.324 <sup>***</sup> (8.71)	-0.257 <sup>***</sup> (-7.42)
智力水平	0.0376 <sup>**</sup> (2.43)	0.0325 <sup>**</sup> (2.28)	-0.0168 (-1.38)
教育程度	0.0682 <sup>***</sup> (13.37)	0.0400 <sup>***</sup> (8.17)	0.0223 <sup>***</sup> (5.10)
婚姻情况	-0.0437 (-0.62)	-0.166 <sup>***</sup> (-2.76)	-0.165 <sup>***</sup> (-3.15)
家庭抚养比		0.130 <sup>*</sup> (1.67)	0.0258 (0.39)
东部地区	-0.232 <sup>***</sup> (-3.57)	0.569 <sup>***</sup> (9.29)	0.707 <sup>***</sup> (12.38)
西部地区	-0.196 <sup>***</sup> (-3.17)	0.0704 (1.15)	-0.0310 (-0.59)
中部地区	-0.202 <sup>***</sup> (-3.12)	0.350 <sup>***</sup> (5.65)	0.460 <sup>***</sup> (8.31)
家庭收入水平三分位	0.193 <sup>***</sup> (6.57)	0.376 <sup>***</sup> (13.38)	0.217 <sup>***</sup> (7.59)
家庭规模		-0.0452 <sup>***</sup> (-4.65)	-0.0215 <sup>***</sup> (-2.58)
家庭总资产	0.0732 <sup>***</sup> (3.49)	0.0292 (1.59)	0.212 <sup>***</sup> (12.57)

Continued

房屋类型			0.0421 (1.31)
地区网络发展水平	2.555 <sup>***</sup> (14.67)		
年份	0.254 <sup>***</sup> (11.54)	-0.0136 (-0.65)	0.0369 <sup>**</sup> (1.98)
常数项	-512.5 <sup>***</sup> (-11.53)	26.00 (0.62)	-78.88 <sup>**</sup> (-2.10)
<i>两者相关关系(rho)</i>			
互联网使用与非农就业( $\rho_{12}$ )	-0.161 <sup>***</sup> (-2.65)		
互联网使用与清洁燃料( $\rho_{13}$ )		-0.254 <sup>***</sup> (-3.98)	
清洁燃料与非农就业( $\rho_{23}$ )			0.000153 (1.00)
$\rho_{12} = \rho_{13} = \rho_{23} = 0$ 对应 p 值	0.000		
样本量	7601		

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5%、10% 的显著水平。括号内为 z 值。

## 5. 结论与政策建议

基于 2016~2018 年中国家庭追踪调查数据，综合考虑家庭及和个人活动中的选择，本文采用三变量递归 probit 模型实证分析网络使用、非农就业对燃料选择的影响。研究结果表明：1) 互联网使用对家庭使用清洁能源具有正向影响，且在 1% 水平上显著，其平均边际效应为 6.4%。2) 非农就业能促进家庭使用清洁能源，参与非农就业后，家庭使用清洁燃料的概率会提升 1.45%。3) 综合分析框架表明，有必要使用多重递归模型加以验证分析。纠正双重选择偏误后，网络使用和非农就业对家庭能源结构清洁化转型的效果依旧显著。

由此，本文得到政策建议如下：1) 加快补齐农村网络建设短板，促进互联网积极效应进一步发挥。在网络强国建设背景下，我国互联网渗透率迅速提升，2022 年互联网上网人数达十亿三千万人。但乡村网络使用仍表现出总数占比较低、区域分布不均等特点。应加快乡村网络基础设施建设，提升互联网渗透率，为农村家庭使用清洁能源筑牢数字根基。相较城镇地区，我国农户互联网信息资源获取仍存在较大提升空间，需加大对农村地区资源投入，提升农村居民互联网接入水平，缩小城乡之间、区域之间网络发展差异，为燃料选择清洁化转型提供有利条件。加强主体培育，提高信息素养。在供给侧提升网络资源丰富度的同时，也应注重提升需求侧居民的网络使用意识，提升农村居民信息获取、识别和应用能力。提供多种网络使用培训服务，应特别关注年龄较大、受教育水平较低农户，从而使农户了解更多信息，做出更合理决策，促进家庭能源消费向清洁化转型。2) 推动数字技术同农户生活深度融合，把网络

信息贯穿于农户非农就业始末。优化整合资源，积极推进互联网就业平台建设，为农户扩大信息来源，减少就业信息不对称，拓展就业渠道。适当鼓励农村劳动力向第二第三产业转移，提高农民生产能力和经营水平，为缓解能源贫困增添持续动能。建立“人才需求库”，结合劳动力就业意愿，自动匹配岗位需求与人才供给，提升农村劳动力就业精准性。营造清朗网络空间，监测重点环节，借助网络进一步加强非农就业服务保障。完善居民信息数据安全保护制度，维护农村居民就业各项权益。健全政府部门协作机制，科学引导农户合理利用转向非农就业带来的可支配收入增长，推动农户家庭低碳用能。3) 家庭用能决策受到多过程的决策约束，在注重网络发展同时，应注意完善就业、产业等配套政策，优化网络使用和就业创业环境，加强配套政策协调。发挥政策组合效应，从信息源拓宽和收入提升等方面，稳步推进家庭能源消费结构清洁化转型。互联网使用和非农就业的影响因素对清洁用能作用效果可能不同。例如，年龄较大的农户使用清洁能源的概率更高，但同时使用互联网的概率更低，这意味着在年龄限制条件下，部分中老年农户未受到网络积极影响，可能加剧能源贫困。相较于男性，女性选择清洁炊事燃料可能性更高，但非农就业参与概率更低。需综合衡量各因素作用效果，在政策完善议题中加入年龄、教育和性别等视角，根据农户情况差异进行灵活调整，提升政策精准性与协调性，有助于统筹经济发展和生态环境保护的关系，稳步推进家庭能源消费向绿色可持续发展。

## 参考文献

- [1] World Meteorological Organization (2022) Provisional State of the Global Climate 2022. <https://storymaps.arcgis.com/stories/5417cd9148c248c0985a5b6d028b0277>
- [2] UNEP, UNEP Copenhagen Climate Centre (2020) Emissions Gap Report 2020.
- [3] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. [http://www.qstheory.cn/yaowen/2022-10/25/c\\_1129079926.htm](http://www.qstheory.cn/yaowen/2022-10/25/c_1129079926.htm), 2022-12-03.
- [4] 新华社. 我国农村用电条件显著改善[EB/OL]. [http://www.gov.cn/xinwen/2020-10/20/content\\_5552586.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-10/20/content_5552586.htm), 2020-10-20.
- [5] 刘自敏, 邓明艳, 崔志伟, 曹晖. 能源贫困对居民福利的影响及其机制: 基于 CGSS 数据的分析[J]. 中国软科学, 2020(8): 143-163.
- [6] Imelda (2019) Cooking That Kills: Cleaner Energy, Indoor Air Pollution, and Health. *Journal of Development Economics*, **147**, Article ID: 102548. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102548>
- [7] 方黎明, 陆楠. 能源替代的健康效应——生活能源替代对中老年农村居民健康的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(6): 40-49.
- [8] Adua, L. and Clark, B. (2019) Even for the Environment, Context Matters! States, Households, and Residential Energy Consumption. *Environmental Research Letters*, **14**, Article ID: 064008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1abf>
- [9] 徐斌, 陈宇芳, 沈小波. 清洁能源发展、二氧化碳减排与区域经济增长[J]. 经济研究, 2019, 54(7): 188-202.
- [10] Nearly Half the World's Population Still Lacks Access to Modern Energy Cooking Services. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/09/24/nearly-half-the-worlds-population-still-lacks-access-to-modern-energy-cooking-services>
- [11] Hosier, R.H. and Dowd, J. (1987) Household Fuel Choice in Zimbabwe: An Empirical Test of the Energy Ladder Hypothesis. *Resources and Energy*, **9**, 347-361. [https://doi.org/10.1016/0165-0572\(87\)90003-X](https://doi.org/10.1016/0165-0572(87)90003-X)
- [12] Verma, P., Kumari, T. and Raghubanshi, A.S. (2021) Energy Emissions, Consumption and Impact of Urban Households: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **147**, Article ID: 111210. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111210>
- [13] Hou, B.D., Tang, X., Ma, C., et al. (2017) Cooking Fuel Choice in Rural China: Results from Microdata. *Journal of Cleaner Production*, **142**, 538-547. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.031>
- [14] 仇焕广, 严健标, 李登旺, 韩炜. 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[J]. 中国软科学, 2015(11): 28-38.
- [15] Masera, O.R., Saatkamp, B.D. and Kammen, D.M. (2000) From Linear Fuel Switching to Multiple Cooking Strategies: A Critique and Alternative to the Energy Ladder Model. *World Development*, **28**, 2083-2103.

- [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00076-0](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00076-0)
- [16] 吴施美, 郑新业. 收入增长与家庭能源消费阶梯——基于中国农村家庭能源消费调查数据的再检验[J]. 经济学(季刊), 2022, 22(1): 45-66.
- [17] Hou, B., Liao, H. and Huang, J. (2018) Household Cooking Fuel Choice and Economic Poverty: Evidence from a Nationwide Survey in China. *Energy and Buildings*, **166**, 319-329. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.012>
- [18] 王钦池. 家庭规模对中国能源消费和碳排放的影响研究[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 299-307.
- [19] York, R. (2007) Demographic Trends and Energy Consumption in European Union Nations, 1960-2025. *Social Science Research*, **36**, 855-872. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2006.06.007>
- [20] Mengistu, M.G., Simane, B., Eshete, G. and Workneh, T S. (2016) Factors Affecting Households' Decisions in Biogas Technology Adoption, the Case of Ofla and Mecha Districts, Northern Ethiopia. *Renewable Energy*, **93**, 215-227. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.066>
- [21] Behera, B. and Ali, A. (2016) Household Energy Choice and Consumption Intensity: Empirical Evidence from Bhutan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **53**, 993-1009. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.019>
- [22] Mensah, J. T. and Adu, G. (2015) An Empirical Analysis of Household Energy Choice in Ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **51**, 1402-1411. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.050>
- [23] 王萍, 张能, 银艳艳. 劳动力转移下不同生计农户低碳用能影响因素——以浙豫陕3省农户为例[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(10): 103-113.
- [24] Özcan, K.M., Gülay, E. and Üçdoğruk, Ş. (2013) Economic and Demographic Determinants of Household Energy Use in Turkey. *Energy Policy*, **60**, 550-557. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.046>
- [25] 田鸽, 张勋. 数字经济、非农就业与社会分工[J]. 管理世界, 2022, 38(5): 72-84.
- [26] 毛宇飞, 曾湘泉, 祝慧琳. 互联网使用、就业决策与就业质量——基于 CGSS 数据的经验证据[J]. 经济理论与经济管理, 2019(1): 72-85.
- [27] 宋林, 何洋. 互联网使用对中国农村劳动力就业选择的影响[J]. 中国人口科学, 2020(3): 61-74+127.
- [28] Golob, T.F., Beckmann, M.J. and Zahavi, Y. (1981) A Utility-Theory Travel Demand Model Incorporating Travel Budgets. *Transportation Research Part B: Methodological*, **15**, 375-389. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(81\)90022-9](https://doi.org/10.1016/0191-2615(81)90022-9)
- [29] 张慧芳, 朱雅玲. 居民收入结构与消费结构关系演化的差异研究——基于 AIDS 扩展模型[J]. 经济理论与经济管理, 2017(12): 23-35.
- [30] 刘魏. 非农就业对城郊农民收入的影响研究[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2016, 42(5): 61-73+190.
- [31] Lanjouw, P. and Shariff, A. (2004) Rural Non-Farm Employment in India: Access, Incomes and Poverty Impact. *Economic and Political Weekly*, **39**, 4429-4446.
- [32] 王萍, 张亚欣, 张金锁. 非农就业对农户生活能源转型的影响路径[J]. 人口与经济, 2020(6): 121-132.
- [33] Wang, C., Yang, Y. and Zhang, Y. (2012) Rural Household Livelihood Change, Fuelwood Substitution, and Hilly Ecosystem Restoration: Evidence from China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**, 2475-2482. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.070>
- [34] Gertler, P.J., Shelef, O., Wolfram, C.D. and Fuchs, C.D. (2016) The Demand for Energy-Using Assets among the World's Rising Middle Classes. *American Economic Review*, **106**, 1366-1401. <https://doi.org/10.1257/aer.20131455>
- [35] Tong, X., Li, R., Li, F. and Kang, C. (2016) Cross-Domain Feature Selection and Coding for Household Energy Behavior. *Energy*, **107**, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.03.135>
- [36] Stabridis, O. and van Gameren, E. (2018) Exposure to Firewood: Consequences for Health and Labor Force Participation in Mexico. *World Development*, **107**, 382-395. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.03.009>
- [37] Hou, B., Liao, H., Wang, J.W., Wang, F. and Zhang, H. (2019) Cooking Fuel Decision-Making and Family Structure: A Field Study in China. *Environmental Science and Pollution Research*, **26**, 24050-24061. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05216-9>