中国人口结构变化与家庭生活能源消费

周显扬[1,2]，顾新怡[2]，周德群[1,2]，丁 浩[1,2,*]

1. 南京航空航天大学 经济与管理学院，南京 211106；
2. 南京航空航天大学 能源软科学研究中心，南京 211106

扫码阅读

摘 要： 本文围绕“人口”与“能源”两个全球焦点问题，探究中国人口结构变化对家庭生活能源消费的影响效果及其作用机理。本文选取2006—2022年省级行政区的家庭居民生活能源消费量作为被解释变量，将宏观经济增长、人口结构和居民微观消费习惯纳入分析框架，构建并拓展随机性环境影响评估模型，通过静态、动态面板回归分析和区域异质性检验，探讨少子化和老龄化两个关键人口结构指标的变化对家庭生活能源消费的影响。结果表明：1）少子化程度越高，家庭生活能源消费总量越小，老龄化程度越高，家庭能源消费总量也越小；2）经济欠发达地区的家庭生活能源消费量更易受少儿抚养比变化的影响，而经济较发达地区的家庭生活能源消费量更易受老年人口抚养比和性别比例的影响；3）人口较多的地区更易受人口结构变化的影响，其中老龄化的影响更为显著。本文强调人口因素对家庭生活能源消费的影响，提出加大对有少儿抚养家庭清洁能源使用的政策支持、增加社区共享能源基础设施等政策建议。

关 键 词： 人口结构变化；老龄化；少子化；性别比例；家庭生活能源消费

中图分类号： F206 **文献标志码：** A **文章编号：** 2097-4981(2026)03-0377-13

DOI：10.3724/j.issn.2097-4981.JECC-2026-0005

0 引言

党的二十大报告对能源发展作出新部署、提出新要求，强调要积极稳妥推进碳达峰碳中和，深入推进能源革命，加快规划建设新型能源体系。随着居民生活水平的持续提升和人均可支配收入的稳步增长，家庭生活能源消费量在中国能源消费总量中的占比不断扩大，已从满足基本生活必需转向满足发展和休闲娱乐需求[1]，成为能源消费体系的重要组成部分[2-3]。据统计，2023年，中国能源消费总量为57.2亿吨标准煤，其中生活能源消费量为70 644万吨标准煤，占比约为12.4%①。生活能源主要用于空间和水加热、空间冷却、烹饪、照明、电器和其他最终用途。

同时，中国人口结构正面临低生育率和老龄化的双重转型[4]。在过去的20年间，中国人口的年龄结构经历了重大转变：人口出生率从2003年的12.41‰降到2023年的6.39‰，总和生育率从1.57降至1.00②，60岁以上老年人口比例从12.2%上升至21.1%③。目前，已有一些研究考察了人口规模、年龄结构和老龄化对能源消耗和碳排放的影响，发现不同年龄段人群的能源需求存在显著差异[5-7]。KHAN等[8]提出能源消费与人口增长有关，并且强调国家在能源转

① 基础数据来自《中国能源统计年鉴2024》，通过计算得到该比重。

② 数据来自 https://www.kylc.com/stats/global/yearly_per_country/g_population_fertility_perc/chn.html。

③ 前者基础数据来自《中国统计年鉴2004》，通过计算得到该比重；后者数据来自《2024年度国家老龄事业发展公报》。

收稿日期： 2026-02-14；**接受日期：** 2026-04-27

基金项目： 国家自然科学基金重点项目（71834003）；国家自然科学基金青年项目（72204111）

作者介绍： 周显扬（1996—），男，博士研究生，研究方向为能源系统建模分析。E-mail: zhouxy08@foxmail.com

通讯作者： 丁 浩（1991—），男，博士，副教授，研究方向为能源系统建模分析、可再生能源技术扩散。E-mail: dding2009@hotmail.com

引用格式： 周显扬, 顾新怡, 周德群, 等. 中国人口结构变化与家庭生活能源消费[J]. 能源与气候变化, 2026, 2(3): 377−389.

ZHOU X Y, GU X Y, ZHOU D Q, et al. Changes of Population Structure and Household Energy Consumption in China[J]. Journal of Energy and Climate Change, 2026, 2(3): 377−389.

型中不应忽略人口政策的影响。财富积累和消费模式的变化也可能会增加老年人的能源消费[9]。虽然老年人口比例的上升会增加对能源密集型商品和服务组合的消费，但老龄化总体上导致能源消费显著减少[10]。GUO等[11]指出，老龄化会使能源消耗产生的碳排放量减少。生育政策改革引发的人口结构变化体现在人口密度、家庭规模、少儿抚养比等方面，这些变化也会影响家庭生活能源消费[12]。中国在能源消费方面实施多项措施并在提高能源效率方面取得技术进步，但人口结构变化很可能会对能源消耗总量产生重大影响[13-14]。因此，深入研究中国人口结构变化对家庭生活能源消费的影响，对制定合理的能源政策、引导可持续消费模式具有重要意义。

本文结合“人口”与“能源”两个全球焦点问题，在少子化和老龄化背景下，基于相关理论定量研究中国人口结构变化的资源效应，深入探究其对家庭生活能源消费的影响路径，从而为相关政策制定提供参考依据。本文的边际贡献在于：1）聚焦少子化和老龄化背景下的人口结构变化，解析了其对家庭生活能源消费的影响，拓展了人口结构与能源消费领域的研究；2）拓展了STIRPAT模型，将宏观经济因素、人口结构和居民微观消费行为纳入统一分析框架，结合静态和动态面板分析了人口结构变化的影响机制；3）揭示了人口结构变化对家庭生活能源消费影响的区域异质性和能源种类异质性，为人口政策、能源政策及碳减排政策的协同制定提供了科学参考。

1 文献综述

基于研究问题和目标，本文从家庭生活能源消费时空特征与影响因素、人口转型及其对家庭生活能源消费的影响2个方面梳理。

1.1 家庭生活能源消费时空特征与影响因素

近年来，居民生活能源消费量仅次于工业部门能源消费量，已成为第二大能源消费领域。关于生活能源消费的研究得到了学者的广泛关注。随着社会经济的发展，城乡居民对物质文化生活需求的提升，推动了能源消费的增长[15-16]。空间异质性是家庭生活能源消费的一个重要特征。很多研究者在对家庭生活能源消费进行研究时，因选择的研究区域不同，得出的结论也存在一定差异。例如，李安和尹逊之[17]研究了人口规模、人均国内生产总值（Gross Domestic Product，GDP）和能源强度对中国农村居民生活能源消费碳排放的影响，发现这些变量之间呈显著正相关。类似地，FAN等[18]研究了中国华北平原地区的城乡家庭生活能源消费结构。HAN和WU[19]采用1991—2014年中国农村省级面板数据开展研究，发现从传统生物质能源到传统商业能源的转型显著降低了人均住宅能源消耗。许多学者基于时间序列分析了家庭生活能源消费的时间演变特征。结果表明，社会经济发展使家庭生活能源消费模式发生重大变化，如电气化程度的提高、液化石油气等更现代的烹饪资源的普及和公共交通服务的提升[20-21]。李晓楠等[22]将居民家庭的能源消费分为直接部分与间接部分，并研究了中国家庭间接能源消费变化的驱动效应及不平等程度。周鹏等[23]研究了城乡居民家庭间能源消费不平等的问题，发现不同收入人群之间的能源消费差距较大。ZHENG等[24]发现，家庭收入的增加不仅会影响能源消费量，也会改变能源结构组成和能源利用方式，具体体现为做饭、取暖等活动所使用的能源从煤炭转向天然气，出行方式从公共交通（公交、地铁、铁路）转向私密舒适的交通（私家车、高速公路、飞机）等。很多学者还将家庭生活能源消费在时间和空间上的差异结合起来分析。例如，庄汝龙等[25]利用家庭生活能源消费数据和人口数据，对中国家庭生活能源消费总量和人均消费量的变化趋势进行整体性和区域性的分析。该研究发现：在全国尺度上，家庭生活能源消费总量和人均消费量都呈现明显的上升趋势；在省域尺度上，各地区间的家庭生活能源消费总量和人均消费量存在显著的空间异质性。邵帅等[26]和ZHOU等[27]的研究也得到了能源消费具有空间异质性的结果。肖子毅等[28]分析了农村地区的可再生能源潜力，论证广东部分农村地区实现可再生能源电力自给自足的可行性，提出应该因地制宜制定农村地区生物质和太阳能发电规划及节能降碳措施。KONG等[29]研究发现，北京家庭生活能源消费效率的提高带来显著的反弹效应，即能源效率提升使能源成本降低，从而刺激产生更多的家庭生活能源消费需求。

1.2 人口转型及其对家庭生活能源消费的影响

人口规模和年龄结构对家庭生活能源消费及碳排放的影响不容忽视[30]。目前，关于人口与环境关系的研究通常建立在人口规模、富裕程度和技术水平三者结合的分析框架上[31]。早期的研究模型为IPAT（环境影响（Impact）=人口（Population）×富裕程度（Affluence）×技术（Technology））恒等式模型，后续在此基础上发展出可用于计量分析的可拓展的随机性环境影响评估（Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology，STIRPAT）模型[32-34]。部分学者围绕STIRPAT模型框架进一步改进静态模型（STIRPAT原始模型、STIRPAT扩展静态模型）和动态面板数据模型（STIRPAT扩展动态模型）[35]。人口年龄结构的快速变化会产生显著的经济、社会和环境效应[36]。赵晓航和孙碧洋[37]在随机STIRPAT模型的基础上，引入人口年龄结构变量对模型进行拓展，并通过对比发现拓展模型的拟合效果更优，这表明年龄结构是解释环境压力变化的重要维度。在家庭生活能源消费研究中，备受关注的家庭特征之一是抚养比。家庭抚养比是指非劳动年龄人口（0~14岁儿童人口，65岁以上老年人口）对劳动年龄人口（15~64岁）的比例，用于衡量劳动力承担的抚养负担。AMOAKO等[38]发现高抚养比使得电力消耗增加。关于老龄化对碳排放的影响，现有研究尚未达成一致结论。一部分研究认为，老龄化进程的加快，会通过抑制消费需求与缩减生产活动规模来降低能源需求与碳排放水平[31,39]。研究表明，经历相同历史事件的人拥有相似的价值观和期望，并影响其日常能源使用活动，如经历过能源短缺年代的老年人存在节俭行为，并有意识地限制总体能源消耗量[10]。由于老龄化家庭的能源负担能力更弱，其对煤炭、薪柴等成本相对较低的传统燃料更具有偏好性[40]。另一部分研究认为，老龄化会驱动碳排放的增长[41]。有证据表明，女性和老年人对不适宜的温度更敏感[42]，有儿童和老年人的家庭能源平均消耗更多[9]。此外，家庭生活能源消费结果还受行为异质性和偏好异质性的影响[43]。行为异质性包括因误解能源价格、不了解价格或面临监控能源价格的高昂成本而对价格不做出反应的个人。偏好异质性包括了解价格并由于能源服务的高收费而理性选择不做出反应的个人。

现有涉及人口转型与家庭生活能源消费关系的研究，多将人口年龄结构等变量作为非主要因素进行分析，而较少将人口转型本身作为核心解释视角进行系统探讨，目前对于人口转型影响家庭生活能源消费的内在作用机制缺乏深入剖析。此外，现有研究也缺少人口结构变化对家庭生活能源消费的区域异质性分析。基于此，本文将探讨少子化和老龄化这两个重要特征对家庭生活能源消费影响的主要路径，并进一步分析中国不同区域人口结构变化对家庭生活能源消费的影响。

2 模型构建与数据来源

2.1 理论机制

许多学者研究了人口结构变化与能源消耗及碳排放之间的联系，并主要从时间和金钱分配两个角度阐述了人口结构变化对能源消耗的影响。人口结构决定了工作和休闲的时间分配，而非休闲活动与较高的碳排放量有关[44]。值得一提的是，由于家务劳动，女性可能比男性消耗更多的电力[45]。老龄化也通过老年人的各种生活消费（尤其是电力消费模式）来改变能源消费结构[46]。非劳动年龄人口需要劳动年龄人口通过家庭转移提供更多支持。此外，根据消费经济理论，收入、价格是影响居民消费的主要因素[47]。随着人口城镇化的发展，以及人口年龄结构和产业结构的不断变化，居民消费能力逐渐提升，消费结构日益改变，居民在消费型能源方面的需求不断增加[10,48]。

（1）老龄化对家庭生活能源消费的影响主要通过居家行为和家庭结构的变化来实现。老年人退休后，居家时间显著增加，家庭日间用电用气、制冷或制热等生活能源需求也随之增加[49]。在冬季，老年人的居家时间进一步延长，需要更多的供暖服务；而年轻人则将投入更长的时间上网，更多地使用电子设备[10]。但与此同时，老龄化通常伴随子女独立和家庭规模缩小，家庭人数减少可能在一定程度上抵消老龄人口增长对家庭生活能源消费的推动作用。从城乡差异角度来看，在农村地区，老龄化可能导致传统生物质能源使用比例上升或维持较高水平；

而在城市地区，老龄化则更易导致电气化水平的提高和用电结构的调整[50]。当能源价格提高时，消费者有动力抑制消费并缓解系统压力[51]。基于上述分析并结合ZOU等[46]的研究，本文得出老龄化对家庭生活能源消费影响的假设与逻辑关系，如图1所示。

（2）相较于老龄化，少子化对家庭生活能源消费的影响路径更单一，本文主要从时间维度对其进行考察。从短期来看，在行为上，基于育儿责任，家庭成员将延长居家时间；在结构上，全面两孩政策实施以来，人口基数大的省级行政区（下文简称省份）出生人口数量大，同时也缩小了城乡生育差距。这些人口大省也具有较高的生活能源消耗量。少儿抚养比提高将会增加能源消费量。少子化则意味着育儿的消耗和成本降低，家庭对能源的需求下降[52-53]。从长期来看，少子化意味着人口增速减慢，进而出现人口负增长[54]。少子化引起的生产和消费人口的双重下降，使居民对衣食住行等基本消费的需求下降[55]。相应地，家庭在制冷、取暖、烹饪等方面的能源需求也将下降[56]。同时，随着社会发展和科技进步，未来家庭能源的使用效率有望得到进一步提高（消耗更少的能源满足更多的需求），从而降低家庭生活能源消费水平[57]。基于以上分析，本文得出少子化对家庭生活能源消费影响的假设与逻辑关系，如图2所示。

2.2 模型构建

原始STIRPAT模型的一般表达式如式（1）所示：

$$I = aP^b A^c T^d \varepsilon \tag{1}$$

式中：P、A、T分别表示人口、经济、技术；a为模型系数；b、c、d分别为P、A、T的指数；ε为模型误差项。将等式两边取自然对数，得到式（2）：

$$\ln I = \ln a + b\ln P + c\ln A + d\ln T + \ln\varepsilon \tag{2}$$

家庭生活能源消费受人口特征（如规模、年龄与性别结构）、经济水平（如宏观经济增长、家庭收入和支出）、技术水平（如研发投入经费）及生活方式等要素的综合影响。消费理论认为，随着收入水平提升和消费偏好变化，居民在出行、居住及耐用消费品使用等方面的行为方式将发生显著转变。这些变化会直接或间接影响能源需求结构。基于STIRPAT模型，本文假设生活方式受人口转变的影响，而人口规模和未来结构由历史人口结构变化所决定。

本文基于原始STIRPAT模型，结合人口结构特征要素，构建了扩展模型，如式（3）所示：

$$\ln\mathrm{hec}_{it} = \ln\beta_0 + \beta_1\mathbf{pop}_{it} + \beta_2\mathbf{X}_{it} + \mathbf{u}_{it} + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

式中：hec代表生活能源消费量；**pop**表示人口结构，包括少儿抚养比（cdr）、老年抚养比（odr）及男女性别比例（gen）；**X**为控制变量的向量；β_0为常数；β_1为人口结构系数；β_2为控制变量系数；**u**为不可观察的作用项；ε为干扰项；下标i、t分别代表地区以及特定年份。在式（3）中，生活能源消费量和人口结构分别为因变量和自变量。

在实证研究过程中，本文所使用的数据属于面板数据，因此分别建立固定效应模型、随机效应模型，分别如式（4）、式（5）所示：

$$\begin{aligned}\ln\mathrm{hec}_{it} = {} & \ln\beta_0' + \beta_{11}'\mathrm{cdr}_{it} + \beta_{12}'\mathrm{odr}_{it} + \\ & \beta_{13}'\mathrm{gen}_{it} + \beta_2'\mathbf{X}_{it} + \mathbf{u}_i' + \varepsilon_{it}'\end{aligned} \tag{4}$$

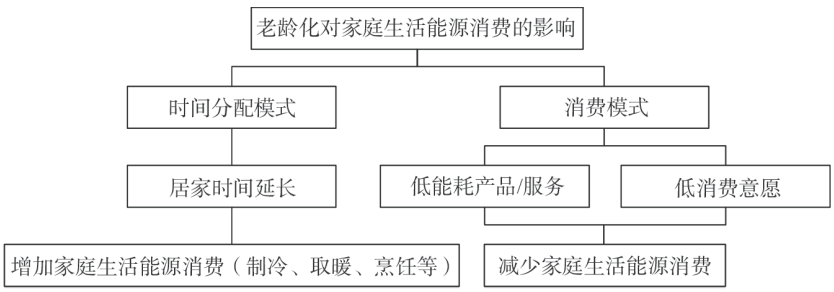


图 1 老龄化对家庭生活能源消费影响的假设与逻辑关系

Fig.1 Hypotheses and logical relationships regarding the impact of population aging on household energy consumption

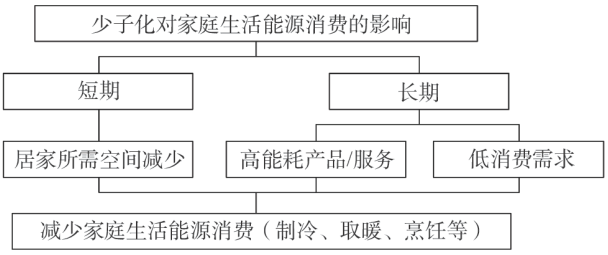


图 2 少子化对家庭生活能源消费影响的假设与逻辑关系

Fig.2 Hypotheses and logical relationships regarding the impact of low birth rates on household energy consumption

$$\ln hec_{it} = \ln\beta_0' + \beta_{11}' cdr_{it} + \beta_{12}' odr_{it} + \beta_{13}' gen_{it} + \beta_2' \mathbf{X}_{it} + \mathbf{u}_{it}' + \varepsilon_{it}' \quad (5)$$

根据以往研究[16,58-60]，本文将以下变量纳入控制变量，其中，lngdp代表经济水平的自然对数，lnrcl代表人均可支配收入的自然对数，tir代表第三产业占比，ur代表城镇化率，lnpvo代表私人汽车保有量的自然对数，lnrdf表示研究与试验发展（Research and Development，R&D）经费的自然对数。此外，居民消费行为可能受既有消费习惯的影响，因此本文将被解释变量（家庭生活能源消费量）的滞后一期作为自变量引入，以反映这种影响滞后性，动态面板模型如式（6）所示：

$$\ln hec_{it} = \ln\beta_0' + \beta_{11}' cdr_{it} + \beta_{12}' odr_{it} + \beta_{13}' gen_{it} + \beta_2' \mathbf{X}_{it} + \beta_3' \ln hec_{i(t-1)} + \mathbf{u}_{it}'' + \varepsilon_{it}'' \quad (6)$$

2.3 数据来源与定义

本文选取2006—2022年省级（不含西藏自治区及港澳台地区）家庭生活能源消费量作为被解释变量，数据来自相应年份的《中国能源统计年鉴》及省级能源统计年鉴，各种能源折标准煤的参考系数来自相应年份的《中国能源统计年鉴》。此外，少儿抚养比、老年抚养比、男女性别比例、GDP、人均可支配收入、城镇化率、第三产业占比、私人汽车保有量及R&D经费来自相应年份的《中国统计年鉴》与省级统计年鉴。

生活能源消费量核算公式如式（7）所示：

$$hec_{it} = \sum_k EF_k \times EC_{itk} \quad (7)$$

式中：EC_{itk}表示i省份在t年对能源种类k的消耗量；EF_k表示能源种类k折标准煤的转化系数。

本文选取的被解释变量和解释变量的定义和描述性统计结果如表1所示。

3 实证结果与分析

3.1 描述分析

根据收集到的数据及参考现有研究[61]，本文选择北京、河北、山西、江苏、河南、贵州、新疆和海南作为8个代表省份，以展示相关变量在过去17年（2006—2022年）中的变化趋势。这些省份在地理位置、资源禀赋、气候环境、产业结构、发展水平等方面具有显著的多样性，具体体现在：北京和河北同属温带季风气候区，四季分明且冬季较为寒冷，其在冬季的取暖需求消耗了大量能源；山西是中国

表 1 变量定义与描述性统计结果

Table 1 Variable definition and descriptive statistics results

变量名称	变量符号	单位	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
生活能源消费量	hec	万吨标准煤	510	1 111.23	2 391.94	25.57	52 901.88
少儿抚养比	cdr	%	510	23.35	6.52	9.64	42.22
老年抚养比	odr	%	510	14.69	4.17	7.44	28.77
男女性别比例	gen	%	510	104.63	3.81	94.92	123.17
地区生产总值	gdp	亿元	510	22 290.60	21 328.92	585.20	129 119.00
人均可支配收入	rcl	元	510	21 061.09	129 79.60	4 016.00	79 609.77
城镇化率	ur	%	510	0.57	0.14	0.27	0.90
第三产业占比	tir	%	510	0.46	0.10	0.29	0.84
私人汽车保有量	pov	万辆	510	522.61	521.49	13.34	2 899.99
R&D 经费	rdf	亿元	510	471.56	651.53	4 411.90	2.10

主要的煤炭生产区；与其他地区相比，江苏的轻工制造业和服务业较为发达；河南地处中原，是中国的农业大省；贵州位于中国西部，发展相对滞后；与其他地区相比，海南的人口少、资源有限，消耗的能源相对较少；而新疆呈现鲜明的多民族聚居特征，其人口政策更具特色。

低生育率带来的少子化和老龄化是中国人口转型最为突出的特征。目前，中国人口在年龄、性别及分布方面均呈现一定程度的失衡。在年龄结构方面，尽管劳动年龄人口仍占据规模优势，但在低生育率背景下，少儿抚养比持续下降，而老年抚养比逐年增加。图3展示了2006—2022年8个代表省份的少儿抚养比、老年抚养比及男女性别比例的变化情况。结果表明，8个代表省份的老年抚养比均呈现不同程度和不同节奏的上升，这表明劳动年龄人口的人均赡养负担持续加重，老龄化程度不断加深，其中，山西的老年抚养比增长率最大。而少儿抚养比则不断波动，这一现象与国家生育政策的变化有关。2013年，中国启动了“单独两孩”政策；2015年，通过了《中华人民共和国人口与计划生育法修正案（草案）》，实施全面两孩政策，因此8个代表省份的少儿抚养比在2014—2020年均有小幅增长。

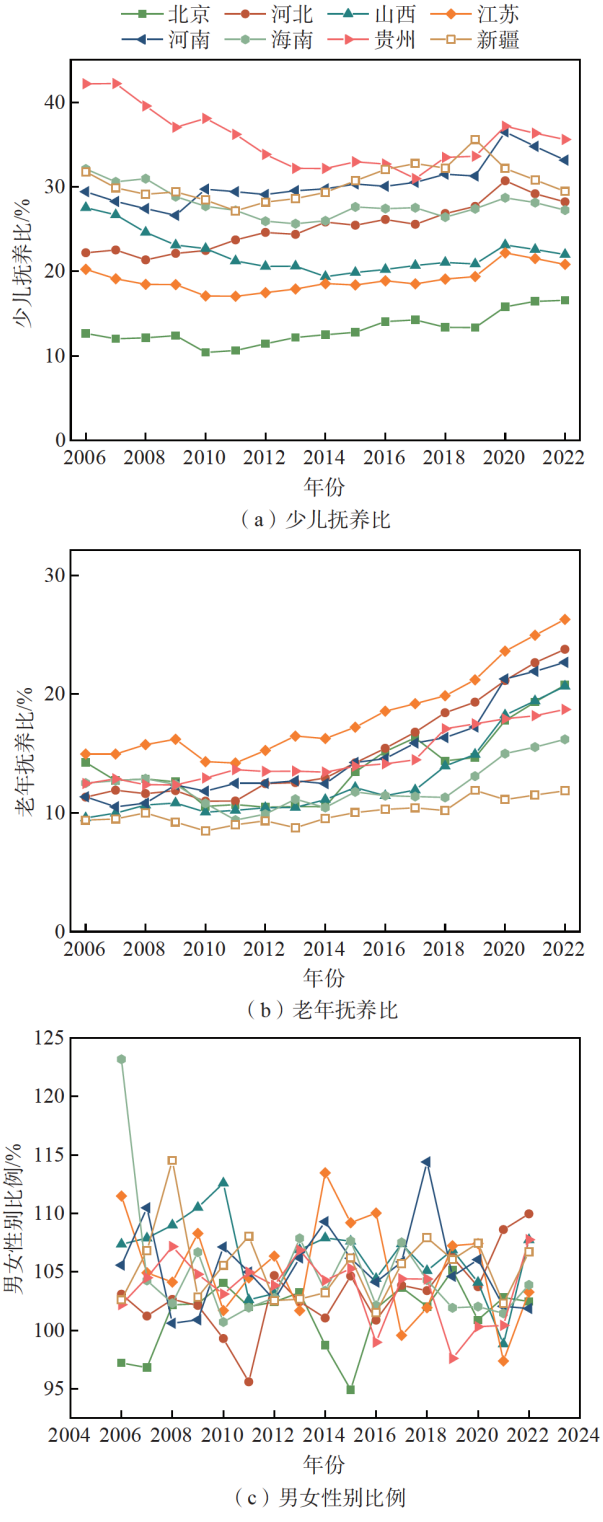


图3 8个代表省份的人口结构变化情况

Fig.3 Population structure of 8 representative provinces

3.2 基准回归

3.2.1 静态影响分析

本文首先使用混合普通最小二乘法（Ordinary Least Squares，OLS）模型、固定效应模型和混合效应模型，对生活能源消费量的对数进行回归分析。核心解释变量包括少儿抚养比、老年抚养比，控制变量包括地区生产总值的自然对数值、地区居民人均可支配收入的自然对数值、第三产业占比、城镇化率、私人汽车保有量的自然对数值及R&D经费的自然对数值。同时，本文对模型进行个体效应检验和时间效应检验，结果如表2所示。根据固定效应结果，Prob>F=0.000 0，这表明个体固定效应显著存在，固定效应模型相较于混合OLS模型更加适用。本文进一步通过豪斯曼（Hausman）检验进行模型固定效应和随机效应的比较和选择。检验结果在1%的显著性水平上拒绝原假设，这说明固定效应模型优于随机效应模型。综上所述，本文在后续静态效应分析中采用固定效应模型进行估计。

由表2可知，在固定效应模型中，少儿抚养比和

表 2 静态回归结果

Table 2 Static regression results

变量	混合 OLS 模型（式（3））	固定效应模型（式（4））	随机效应模型（式（5））
	lnhec	lnhec	lnhec
cdr	−0.037 9**	0.012 7**	0.009 5**
	（0.003 5）	（0.003 7）	（0.003 6）
odr	−0.014 1**	−0.015 0**	−0.009 9**
	（0.004 7）	（0.004 8）	（0.004 6）
gen	−0.005 8	−0.001 2	−0.001 3
	（0.004 1）	（0.001 6）	（0.001 7）
lngdp	0.461 0**	0.272 7**	0.454 0**
	（0.050 7）	（0.090 4）	（0.068 5）
ur	−2.778 9**	0.907 9*	−0.617 4*
	（0.265 1）	（0.473 2）	（0.330 6）
tir	0.094 8	1.218 4**	1.284 4**
	（0.263 9）	（0.263 2）	（0.241 9）
lnpov	0.316 2**	−0.026 9	0.196 2**
	（0.049 0）	（0.081 4）	（0.064 9）
lnrcl	−0.068 6**	−0.016 6	−0.019 8
	（0.029 2）	（0.017 0）	（0.017 5）
lnrdf	0.100 4**	0.060 4*	0.061 7**
	（0.013 7）	（0.033 3）	（0.027 5）
cons	3.790 2**	2.970 7**	1.158 2*
	（0.543 3）	（0.802 1）	（0.596 8）
N	510	510	510
F	85.720 0***		−
Hausman	−	42.290 0***	
R^2	0.813 7	0.801 9	−

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著，括号内为标准误，余表同。

老年抚养比在5%显著性水平下均与生活能源消费量显著相关。模型结果表明，少儿抚养比、老年抚养比对生活能源消费量均存在显著影响。具体而言，少儿抚养比系数的估计值为0.012 7，这说明少儿抚养比与生活能源消费量呈正向关系，即少儿抚养比每下降1.00%，生活能源消费量将平均减少1.27%。这反映少子化使生产和消费人口的双重下降，从而导致能源消费需求下降。而老年抚养比对生活能源消费量则存在显著的负向影响，且其影响程度高于少儿抚养比。老年抚养比每上升1.00%，生活能源消费量将平均减少1.50%，这表明老龄化对家庭生活能源消费量具有更显著的调节作用。从家庭规模变化来看，少子化与老龄化均会导致家庭规模收缩。家庭人口数量的减少直接削弱了生活能源需求的规模效应，如炊事、热水、照明及居住空间使用等。相较于多人口家庭，小规模家庭在单位时间内的能源使用频次和强度均明显降低，从而表现为总体能源消费水平的下降。这一结果与多数基于家庭规模视角的研究结论一致，即家庭人口规模是影响能源消费的关键因素之一。老龄化会影响个体消费行为，进而影响其生活能源消费行为，从而对社会整体的能源需求结构产生重要影响。从全国层面来看，男女性别比例对生活能源消费量没有显著影响。

3.2.2 动态影响分析

由于惯性或部分调整，个体的当前行为往往受过去行为的影响，而消费行为尤其易受既有习惯的影响。因此，本文在研究人口年龄结构变动对生活能源消费量的影响时，引入前期生活能源消费量以刻画消费惯性，并采用动态面板模型进行回归分析。滞后期的引入可能导致解释变量存在内生性问题，因此本文运用系统广义矩估计方法进行估计，回归结果如表3所示。扰动项的自相关性检验结果表明，扰动项的差分存在一阶自相关，但不存在二阶自相关；过度识别检验结果同样表明无法拒绝“所有工

表 3 系统广义矩估计模型回归结果

Table 3 Regression results based on the system generalized method of moments model

变量	系数	标准误
lnhec	0.771 8**	0.059 8
cdr	0.007 9	0.010 2
odr	−0.012 6**	0.005 8
gen	0.020 5**	0.005 1
lngdg	0.301 9**	0.108 6
ur	−0.730 3	0.675 0
tir	0.639 5**	0.304 5
lnpov	−0.168 9**	0.081 2
lnrcl	0.008 4	0.018 3
lnrdf	0.074 8	0.047 4
cons	−2.856 6**	0.886 1
AR（1）	0.002 0	
AR（2）	0.095 0	
Hansen test	0.999 0	

具变量均有效”的原假设，这表明所选工具变量均为有效工具。

可以得到的结论是：上一期生活能源消费量对当期生活能源消费量具有显著影响。系统广义矩估计模型中，在5%的显著水平下，上一期生活能源消费量、老年抚养比、男女性别比例、地区生产总值、第三产业占比及私人汽车保有量均对家庭生活能源消费量产生显著影响。老年抚养比和男女性别比例的估计系数分别为−0.012 6和0.020 5，这意味着老年抚养比和男女性别比例每增加1.00%，将导致家庭生活能源消费量分别减少1.26%和增加2.05%。少儿抚养比则没有对生活能源消费量产生显著影响。上一期生活能源消费量每增加1.00%，当期生活能源消费量将增加0.77%，这表明家庭生活能源消费的习惯具有较强的延续性，通过改变居民的生活习惯来影响生活能源消费量还需要较长的时间。

男女性别比例上升意味着男性人口占比提高。在宏观层面，这可能促使与生产和出行相关的能源需求增加；在家庭层面，其也可能表现为更频繁的通勤、交通工具使用、电子产品使用等行为，而这些消费行为具有较高的能源依赖性，会促进石油及相关能源消费。从动态视角来看，男女性别比例对生活能源消费量的影响具有一定的累积效应。男女性别比例变化会通过影响就业结构与收入水平，在较长时期内改变能源需求基础，而这与以往研究[62]的结论一致。

从国家角度来看，上述分析得出两个主要结论。1）人口结构转变会对生活能源消费量产生重大影响。老年抚养比会对其产生负向影响，男女性别比例上升会同步提升生活能源消费量。在少儿抚养比变化比老年抚养比变化更快的条件下，劳动年龄人口仍然增加。这使得居民在基本需求外，产生更多的消费需求。随着社会的发展，空调、个人计算机和其他能源密集型商品进入普通家庭，这将导致更大的生活能源消费量。值得一提的是，20世纪80年代开始的计划生育政策对人口爆炸式增长具有抑制作用，这种效果为中国30年的发展提供了支撑，但低生育率使这种支撑逐渐变弱。目前，老年抚养比的影响是有限的，但在未来，该影响会随着社会老龄化程度的加深而逐渐增大。2）人口转变的影响大于经济增长。经济增长是能源消耗的一个重要因素，且这种影响可能更多地发生在工业生产中。与此同时，中国已经开始实施诸多低碳政策和节能行动。

3.3 异质性分析

本文进一步区分能源类型并进行异质性检验，结果如表4所示。可以看出，煤炭和石油消费与少儿抚养比呈显著正相关、与老年抚养比呈显著负相关，而电力消费与老年抚养比呈显著负相关。这一结果反映出，不同人口结构通过家庭生活方式及能源使用偏好的差异而对能源消费产生结构性影响。

少儿人口比例的提高通常伴随更高频率的日常

表 4 能源种类异质性分析结果

Table 4 Heterogeneity analysis results by different energy type groups

变量	（1）	（2）	（3）
	lnco	lngas	lnelec
cdr	0.031 1**	−0.007 9	0.004 3
	（0.006 2）	（0.017 2）	（0.003 2）
odr	−0.017 2**	0.004 9	−0.012 0**
	（0.008 3）	（0.022 5）	（0.004 1）
gen	−0.001 1	−0.012 5*	−0.002 2
	（0.002 8）	（0.007 4）	（0.001 4）
lngdp	0.647 4**	−0.665 6	0.506 3**
	（0.154 8）	（0.442 5）	（0.078 5）
ur	0.448 4	4.939 3**	1.631 5**
	（0.828 0）	（2.210 9）	（0.410 7）
tir	1.799 1**	−0.760 3	0.698 3**
	（0.456 8）	（1.238 5）	（0.228 4）
lnpov	−0.126 2	0.521 4	0.022 8
	（0.141 1）	（0.379 7）	（0.070 6）
lnrcl	0.013 6	−0.067 0	0.019 1
	（0.029 3）	（0.079 4）	（0.014 8）
lnrdf	−0.033 6	0.058 8	−0.012 1
	（0.059 0）	（0.155 4）	（0.028 9）
cons	−0.820 0	4.647 8	−0.715 3
	（1.520 9）	（4.326 7）	（0.768 1）
N	486	501	510
R^2	0.918 6	0.811 4	0.986 2
F	6.782 5	3.797 4	23.676 1

注：co 代表煤炭和石油的居民消费量总和，gas 代表天然气的居民消费量，elec 代表电力的居民消费量。

出行（如接送、就医、教育活动）及更大的生活物资需求，这些活动依赖以石油为主的交通能源。从老年抚养比的影响来看，老龄化会通过降低消费活跃度和改变生活方式抑制能源需求。老年人日常活动范围较小、出行频率较低，对交通燃料（石油）的需求明显减少，同时其对取暖和炊事能源的使用也更趋节约和稳定，从而导致煤炭和石油消费量下降。此外，老年人消费偏好更倾向低强度、低频率的能源使用模式，这种“收缩型消费行为”使传统能源消费呈负向变化。从电力消费的角度来看，其与老年抚养比呈显著负相关，这主要体现了“技术替代与使用强度下降”的共同作用。具体而言，尽管电力作为清洁能源在家庭中的普及程度较高，但老年人对高耗电设备（如空调、娱乐电子设备等）的使用频率低、时长较短。

从男女性别比例的角度来看，性别结构对生活能源消费量的影响主要通过家庭行为与消费行为差异体现。中国居民天然气的使用场景主要为烹饪[63]。男女性别比例上升通常意味着未婚男性比例增高，单身人口生活方式更加简约，对炊事依赖程度较低，这在一定程度上抑制了天然气能源消费。既有研究表明，劳动性别的分工使得女性更加关注家庭，而男性更加在意工作[64]。女性在家庭事务中的参与度较高，可能增加烹饪、清洁等活动频率，所以女性比例升高，会使生活能源消费量呈上升趋势。

地区的资源禀赋、经济发展水平、气候条件也会影响生活能源消费量。东部地区通常拥有较年轻的劳动力，因此该地区生活能源消费量较高。例如，年轻家庭更多依赖空调、热水器等电力消耗型设备。东部地区具有较高的收入水平，这使得居民在其能源消费结构中更易购入能源消耗量较大的产品，如大功率家用电器、高油耗燃油汽车等[65]。而在中西部地区，老龄化问题较为严重，能源消费模式趋向稳定，集中在取暖、照明等基本生活需求上，且低收入家庭通常面临更大的节约能源压力，更多依赖低能耗家电和传统能源。本文将30个省份分为东部、中部、西部及东北4个地区进行区域间异质性分析，结果如表5所示。

对于东部地区而言，老年抚养比和男女性别比例对生活能源消费量均有显著负向影响。而在中部、西部地区，老年抚养比和男女性别比例对生活能源消费量的影响并不显著。在中部地区，少儿抚养比对生活能源消费量具有显著负向影响，而其在西部地区则体现为显著正向影响。结果表明，东部地区省份的老龄化程度越高，其生活能源消费量越低，这与全国层面的研究结果一致。从老年抚养比的影响机制来看，东部地区经济发展水平较高，老龄化程度相对较深。老年人占比上升通常意味着家庭整体消费结构趋于保守，其能源使用需求相较于劳动年龄人口和儿童人口更低[66]。中部地区人口规模较大，少儿抚养比的下降可以归因为劳动人口的增加，

表 5 异质性分析结果

Table 5 Heterogeneity analysis results by different region groups

变量	（1）	（2）	（3）	（4）
	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区
cdr	−0.004 6	−0.014 2*	0.026 4**	0.052 6
	（0.007 2）	（0.007 9）	（0.006 7）	（0.048 3）
odr	−0.011 6*	−0.020 9	0.001 2	0.003 5
	（0.006 4）	（0.017 3）	（0.011 0）	（0.052 8）
gen	−0.006 3**	−0.002 6	−0.000 5	0.002 1
	（0.002 5）	（0.002 7）	（0.002 6）	（0.010 5）
lngdp	0.380 7**	0.352 0	0.397 7**	−0.908 1
	（0.192 3）	（0.318 3）	（0.183 4）	（1.361 4）
ur	2.396 0**	−5.202 5**	−0.529 4	3.337 3
	（0.597 5）	（1.984 5）	（1.361 7）	（4.532 4）
tir	2.020 9**	1.043 6*	0.428 9	3.787 8*
	（0.493 2）	（0.619 3）	（0.429 6）	（2.162 3）
lnpov	−0.093 1	0.824 8**	−0.594 5**	2.049 0
	（0.112 5）	（0.241 7）	（0.153 8）	（1.457 1）
lnrcl	0.013 7	0.004 9	0.013 1	0.031 9
	（0.026 9）	（0.029 2）	（0.031 2）	（0.086 6）
lnrdf	0.055 3	0.229 2**	−0.012 9	−0.607 3
	（0.058 8）	（0.087 2）	（0.056 1）	（0.489 9）
cons	1.505 0	1.148 9	4.254 3**	3.268 6
	（1.910 5）	（2.350 9）	（1.487 3）	（13.215 5）
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制	控制
N	170	102	187	51
R^2	0.888 7	0.902 0	0.806 1	0.585 9
F	55.350 4	38.390 3	32.338 5	3.909 7

当这一比例下降时，中部地区省份的生活能源消费量将有所增加。另外，中部地区省份人口呈现集聚特征，生活能源使用在一定程度上表现出规模效应，且技术进步带来了能源效率提升，少儿抚养比上升会使生活能源消费总量呈现下降趋势。

在西部地区，少儿抚养比对生活能源消费量呈现显著的正向影响，这一结果可以从家庭结构特征、能源可及性及居民消费行为等多个方面加以解释。从家庭结构特征来看，西部地区家庭普遍子女数量较多且代际同住，少儿抚养比的上升意味着家庭规模的扩大[67]。能源消费支出在很大程度上属于生活必需性支出，具有明显的刚性。家庭成员数量的增加会直接带动炊事、取暖、照明及热水等基础能源需求的上升，从而推动整体能源消费水平的提高。从居民消费行为来看，随着电力、天然气等基础设施的逐步完善，居民获取现代能源的便利性显著提高，这使得能源消费模式逐渐由供给约束转向需求驱动，从而增加生活能源消费量。

4 结论与政策建议

本文基于2006—2022年的省级家庭生活能源消费面板数据，年龄、性别结构等人口数据，地区生产总值、人均可支配收入等经济数据，产业结构数据及私人汽车保有量数据，构建了纳入少儿抚养比和老年抚养比的人口结构扩展STIRPAT模型。本文分别使用固定效应模型和系统广义矩估计模型进行静态和动态回归分析，结果表明，人口转型对家庭生活能源消费具有显著影响。少儿抚养比越小，即少子化程度越高，家庭生活能源消费量越低；老年抚养比上升，即老龄化程度加深，同样会对家庭生活能源消费产生抑制作用。同时，能源消费习惯具有很强的路径依赖特征。区域异质性分析结果表明，家庭生活能源消费量在不同地区之间既存在共性，也存在显著差异。西部地区的少子化和老龄化程度整体均较低，经济发达的东部地区省市具有较高的生活能源消费量，并面临老龄化问题，而且老龄化程度加深会减少生活能源消费量。基于上述研究结论，本文提出以下3点政策建议：

（1）在能源转型和低碳发展相关政策制定过程中，要充分考虑人口结构变化的影响。本文的实证结果表明，抚养少儿会增加家庭生活能源消费的压力，少子化程度越高，即少儿抚养比越小，家庭生活能源消费量就越少。随着中国人口结构变化，老龄化不断加深，人口政策向鼓励生育方向发展，同时也会增加对能源转型和低碳发展的压力，因此需要在年轻家庭中大力推广使用清洁能源。从中国的能源消费结构来看，煤炭逐渐被电力和天然气等清洁能源所代替，但其占比仍有下降空间；与此同时，更高效的能源技术能够在满足居民家庭生活能源消费需求的前提下，消耗更少的能源。在这样的能源技术发展和转型条件下，政府应该出台更加宽松的人口生育政策。从短期来看，该举措可以缓解生活能源消费需求的减少；从长期来看，其还能缓解劳动力供给减少问题。

（2）通过社区内共享能源基础设施等方式，充分利用老年人节能意识强的特点，促进中国能源系统绿色低碳转型。老年抚养比增大有助于家庭生活能源消费量降低，这表明老年人具有更强的节能意识。中国的老年抚养比正在进一步升高，老年人的日常生活能源需求相对较低，集中在取暖、照明和家电等传统能源使用方面。相较于年轻人，老年人的生活方式通常更为保守，使用能源的频率和强度也较低。随着老龄化程度的加深，社会对老年友好的基础设施需求增加，这可能会间接推动某些领域（如公共交通、老年人居住区的能源供应）的能源消费需求上升。因此，可以通过在社区内增加共享能源基础设施、提高清洁能源利用比例等方式，进一步促进中国能源系统绿色低碳转型。

（3）针对少子化和老龄化对家庭生活能源消费影响的地区差异，应鼓励地方政府根据本地人口结构特征制订差异化政策。对于老龄化程度较高的地区，应关注家庭规模缩小及能源消费需求减弱的特征，优化家庭用能支持政策。一方面，调整以家庭人口规模为基础的补贴机制，避免资源配置低效，同时通过差异化电价或补贴政策，引导居民采用清洁能源与更先进的节能型设备。另一方面，应结合家庭结构变化，推动智能家居与分布式能源技术应用，以适应小规模家庭“低强度、精细化”的用能需求，从而提升整体能源利用效率。中部、西部地

区则应在完善能源基础设施的同时，引导居民从传统能源向电力及清洁能源转型，尤其是在少儿抚养比较高的地区，应通过清洁能源替代，缓解煤炭和石油消费增长带来的环境压力。

参考文献

[1] LI H, LI Y, ZHENG G L, et al. Interaction between household energy consumption and health: A systematic review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2024, 189: 113859.

[2] XIE L Y, YAN H S, ZHANG S H, et al. Does urbanization increase residential energy use? Evidence from the Chinese residential energy consumption survey 2012[J]. China Economic Review, 2020, 59: 101374.

[3] WOLSKE K S, GILLINGHAM K T, SCHULTZ P W. Peer influence on household energy behaviours[J]. Nature Energy, 2020, 5 (3): 202–212.

[4] FAN S W, HUI L, DOU L, et al. Impact of population aging and declining birth rates on household consumption structure: Evidence from China[J]. Finance Research Letters, 2024, 68: 105932.

[5] BARDAZZI R, PAZIENZA M G. When I was your age: Generational effects on long-run residential energy consumption in Italy [J]. Energy Research & Social Science, 2020, 70: 101611.

[6] ESTIRI H, ZAGHENI E. Age matters: Ageing and household energy demand in the United States[J]. Energy Research & Social Science, 2019, 55: 62–70.

[7] LUO G F, BALEŽENTIS T, ZENG S Z. Per capita CO_2 emission inequality of China's urban and rural residential energy consumption: A Kaya-Theil decomposition[J]. Journal of Environmental Management, 2023, 331: 117265.

[8] KHAN I, HOU F J, IRFAN M, et al. Does energy trilemma a driver of economic growth? The roles of energy use, population growth, and financial development[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021, 146: 111157.

[9] PAIS-MAGALHÃES V, MOUTINHO V, ROBAINA M. Is an ageing population impacting energy use in the European Union? Drivers, lifestyles, and consumption patterns of elderly households[J]. Energy Research & Social Science, 2022, 85: 102443.

[10] HAN X, WEI C, CAO G Y. Aging, generational shifts, and energy consumption in urban China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2022, 119 (37): e2210853119.

[11] GUO H W, JIANG J, LI Y Y, et al. An aging giant at the center of global warming: Population dynamics and its effect on CO_2 emissions in China[J]. Journal of Environmental Management, 2023, 327: 116906.

[12] ZHAO W L, WU Y Q. Fertility policy relaxation and household energy consumption: Evidence from China's universal two-child policy[J]. Population and Environment, 2026, 48: 3.

[13] 肖逸龙, 戴瀚程. 多目标居民需求转型策略的系统建模与协同影响研究综述[J]. 能源与气候变化, 2025, 1(3): 423–437.

[14] WEI L Y, LIU Z. Spatial heterogeneity of demographic structure effects on urban carbon emissions[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2022, 95: 106790.

[15] 谢杨, 武潇, 徐萌. 中国农村家庭能源转型的室内空气污染健康影响研究综述[J]. 能源与气候变化, 2025, 1(5): 717–735.

[16] 李亚丽, 杨宗之, 黄和平, 等. 多维度高质量城镇化对能源消费碳排放的传导机制研究[J]. 中国环境管理, 2021, 13(6): 81–89.

[17] 李安, 尹逊之. 我国农村居民生活能源消费碳排放影响因素分析[J]. 山东社会科学, 2024(2): 169–176.

[18] FAN J L, ZENG B, HU J W, et al. The impact of climate change on residential energy consumption in urban and rural divided southern and northern China[J]. Environmental Geochemistry and Health, 2020, 42(3): 969–985.

[19] HAN H Y, WU S. Rural residential energy transition and energy consumption intensity in China[J]. Energy Economics, 2018, 74: 523–534.

[20] WEISS DE ABREU M, FERREIRA D V, PEREIRA A O, et al. Household energy consumption behaviors in developing countries: A structural decomposition analysis for Brazil[J]. Energy for Sustainable Development, 2021, 62: 1–15.

[21] 周德群, 张一宁, 丁浩. 可再生能源参与下两阶段电力现货市场交易的双层规划模型研究[J]. 能源与气候变化, 2025, 1(1): 76–91.

[22] 李晓楠, 李实, 詹鹏. 中国家庭间接能源消费变化及不平等[J]. 消费经济, 2022, 38(6): 42–55.

[23] 周鹏, 张僖纯, 闻雯, 等. 能源不平等：三维测度、时空差异及影响因素[J]. 能源与气候变化, 2025, 1(1): 52–68.

[24] ZHENG J J, DANG Y J, ASSAD U. Household energy consumption, energy efficiency, and household income: Evidence from China[J]. Applied Energy, 2024, 353: 122074.

[25] 庄汝龙, 杨洁, 宓科娜, 等. 中国家庭能源消费的时空特征、影响因素与趋势预测[J]. 地理科学进展, 2024, 43(5): 870–887.

[26] 邵帅, 范美婷, 杨莉莉. 经济结构调整、绿色技术进步与中国低碳转型发展：基于总体技术前沿和空间溢出效应视角的经验考察[J]. 管理世界, 2022, 38(2): 46–69.

[27] ZHOU D Q, ZHANG C X, ZHAO S Q, et al. Will peer effects exist on renewable energy development across China's provinces?[J]. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 2025, 23(1): 1–14.

[28] 肖子毅, 成贝贝, 刘晓俞, 等. 农村地区可再生能源潜力分析及发展路径研究：以广东省为例[J]. 农业资源与环境学报, 2025, 42(3): 761–772.

[29] KONG L, HU G W, MU X Z, et al. The energy rebound effect in households: Evidence from urban and rural areas in Beijing[J]. Applied Energy, 2023, 343: 121151.

[30] LI S T, CHEN X, REN Y J, et al. The impact of demographic dynamics on food consumption and its environmental outcomes: Evidence from China[J]. Journal of Integrative Agriculture,

2024, 23(2): 414–429.

[31] WANG Y, ZHAO W, MENG W R. Bilateral effect of aging population on consumption structure: Evidence from China[J]. Frontiers in Public Health, 2022, 10: 941485.

[32] XUE L M, LI H Q, XU C, et al. Impacts of industrial structure adjustment, upgrade and coordination on energy efficiency: Empirical research based on the extended STIRPAT model[J]. Energy Strategy Reviews, 2022, 43: 100911.

[33] SHAHBAZ M, LOGANATHAN N, MUZAFFAR A T, et al. How urbanization affects CO_2 emissions in Malaysia? The application of STIRPAT model[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 57: 83–93.

[34] VÉLEZ-HENAO J A, FONT VIVANCO D, HERNÁNDEZ-RIVEROS J A. Technological change and the rebound effect in the STIRPAT model: A critical view[J]. Energy Policy, 2019, 129: 1372–1381.

[35] XING L C, ALI KHAN Y, ARSHED N, et al. Investigating the impact of economic growth on environment degradation in developing economies through STIRPAT model approach[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2023, 182: 113365.

[36] TARAZKAR M H, DEHBIDI N K, OZTURK I, et al. The impact of age structure on carbon emission in the Middle East: The panel autoregressive distributed lag approach[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(26): 33722–33734.

[37] 赵晓航, 孙碧洋. 中国人口年龄结构对碳排放的影响：效应估计与趋势预测[J]. 调研世界, 2023(6): 3–13.

[38] AMOAKO S, ANDOH F K, ASMAH E E. Household structure and electricity consumption in Ghana[J]. Energy Policy, 2023, 182: 113767.

[39] ZHOU Y, WANG H, QIU H G. Population aging reduces carbon emissions: Evidence from China's latest three censuses[J]. Applied Energy, 2023, 351: 121799.

[40] 沈金龙, 程名望, 杨未然. 劳动力老龄化、家庭行为与能源贫困[J]. 中国软科学, 2025(9): 12–24.

[41] APINRAN M O, USMAN N, SAINT AKADIRI S, et al. The role of electricity consumption, capital, labor force, carbon emissions on economic growth: Implication for environmental sustainability targets in Nigeria[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29(11): 15955–15965.

[42] BREWER D. Do preferred thermostat settings differ by sex?[J]. Energy and Buildings, 2020, 224: 110140.

[43] 周开乐, 褚一博, 邢恒恒. 考虑用户偏好的社区微电网点对点电力交易方法[J]. 能源与气候变化, 2025, 1(5): 685–697.

[44] 杨弦, 史锟洋, 林志杰, 等. 消费低碳化策略选择：线上还是线下?[J]. 管理科学学报, 2025, 28(7): 39–52.

[45] OPOKU E E O, KUFUOR N K, MANU S A. Gender, electricity access, renewable energy consumption and energy efficiency[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 173: 121121.

[46] ZOU Y, WANG C, NAJAM H, et al. Energy consumption prediction for households in a society with an ageing population[J]. Energy Strategy Reviews, 2025, 57: 101622.

[47] IKE G N, USMAN O, ALOLA A A, et al. Environmental quality effects of income, energy prices and trade: The role of renewable energy consumption in G-7 countries[J]. Science of The Total Environment, 2020, 721: 137813.

[48] CHEN X. The impact of population and consumption scale and structure on carbon emissions[J]. Journal of Environmental Economics, 2021, 6(3): 8–24.

[49] YAGITA Y, IWAFUNE Y. Residential energy use and energy-saving of older adults: A case from Japan, the fastest-aging country[J]. Energy Research & Social Science, 2021, 75: 102022.

[50] WANG S B, SUN S L, ZHAO E L, et al. Urban and rural differences with regional assessment of household energy consumption in China[J]. Energy, 2021, 232: 121091.

[51] BREWER D. Household responses to winter heating costs: Implications for energy pricing policies and demand-side alternatives[J]. Energy Policy, 2023, 177: 113550.

[52] 赵周华. 少子化、老龄化与农村居民消费结构：理论分析与实证检验[J]. 兰州财经大学学报, 2018, 34(6): 43–53.

[53] YANG L S, HU Y, WEI X H. Assessment of the environmental effects of China's fertility policy: The impact from increasing numbers of children in households[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2023, 99: 107006.

[54] BARRETT S, DASGUPTA A, DASGUPTA P, et al. Social dimensions of fertility behavior and consumption patterns in the Anthropocene[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2020, 117(12): 6300–6307.

[55] JONES C I. The end of economic growth? Unintended consequences of a declining population[J]. American Economic Review, 2022, 112(11): 3489–3527.

[56] 刘丰云, 姚璐, 毕军, 等. 清洁能源驱动碳减排：时空交互视角的机制分析与区域比较[J]. 能源与气候变化, 2025, 1(3): 299–317.

[57] LIN S X, HE L, LIN X, et al. The impact of household digital transformation on household energy efficiency: Empirical evidence from Chinese households[J]. PLoS One, 2024, 19(12): e0315372.

[58] XIN Y R, SONG H, SHEN Z Y, et al. Measurement of the integration level between the digital economy and industry and its impact on energy consumption[J]. Energy Economics, 2023, 126: 106988.

[59] FAN J J, WANG J L, QIU J X, et al. Stage effects of energy consumption and carbon emissions in the process of urbanization: Evidence from 30 provinces in China[J]. Energy, 2023, 276: 127655.

[60] FUNSHO IDOWU O, ADEDOYIN F F, BEKUN F V, et al. Modeling the environmental implications of car ownership and

energy consumption in the UK: Evidence from NARDL model [J]. International Journal of Sustainable Transportation, 2022, 16(12): 1097–1109.

[61] ZHOU D Q, GU X Y, DING H. Impact of demographic transition on household energy consumption: A case from China[J]. Energy Engineering, 2021, 118(4): 961–979.

[62] 田艳平, 李佳锶. 性别观念与家庭能源堆叠消费：基于微观调查数据的经验证据[J]. 山西财经大学学报, 2023, 45(9): 35–48.

[63] GAN Y, EL-HOUJEIRI H M, BADAHDAH A, et al. Carbon footprint of global natural gas supplies to China[J]. Nature Communications, 2020, 11: 824.

[64] CHICOMBO A F F, MUSANGO J K. Examining urban household energy consumption patterns in Mozambique through a gendered lens[J]. Energy Research & Social Science, 2024, 112: 103501.

[65] ZHAO D F, YUAN J H, FU S, et al. Does economic growth stimulate energy consumption? New evidence from national and regional levels in China[J]. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 2023, 21(2): 60–70.

[66] INOUE N, MATSUMOTO S, MAYUMI K. Household energy consumption pattern changes in an aging society: The case of Japan between 1989 and 2014 in retrospect[J]. International Journal of Economic Policy Studies, 2022, 16(1): 67–83.

[67] 潘志龙, 王志宝, 任嘉敏. 中国人口少子老龄化演变特征：基于人口年龄结构三角图的分析[J]. 统计与决策, 2025, 41(19): 94–99.

Changes of Population Structure and Household Energy Consumption in China

ZHOU Xianyang[1,2], GU Xinyi[2], ZHOU Dequn[1,2], DING Hao[1,2,*]

1. College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China;
2. Research Center for Soft Energy Science, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China

Abstract: Focusing on the two global focus issues of "population" and "energy", this paper explores the impact and mechanism of changes in Chinese population structure on household energy consumption. This paper selects the household energy consumption of provincial-level administrative regions of China from 2006 to 2022 as the dependent variable. Incorporating macroeconomic growth, demographic structure, and residents' micro-level consumption habits into the analytical framework, this paper constructs and extends the stochastic impacts by regression on population, affluence, and technology model. On this basis, static and dynamic panel regression analyses are conducted, along with regional heterogeneity tests, to explore the impact of the two key characteristics of population structure change, low fertility and population aging, on household energy consumption. The results show that: 1) the higher the degree of low fertility, the lower the household energy consumption. Likewise, the higher the degree of population aging, the lower the household energy consumption. 2) The energy consumption of the less developed areas is more susceptible to the change of the dependency ratio of children, while the more developed areas are susceptible to the influence of the dependency ratio and sex ratio of the elderly population. 3) Regions with large populations are also more susceptible to demographic changes, and the impact of aging is more significant. This study emphasizes the impact of demographic factors on household energy consumption, and proposes policy recommendations such as increasing policy support for clean energy use in households with children and increasing community shared energy infrastructure.

Key Words: demographic structure change; population aging; low birth rates; gender ratio; household energy consumption