

引用格式:柳清瑞,唐璐.城镇化对能源消费的推拉效应及其影响因素:基于门槛效应模型的实证检验[J].资源科学,2022,44(5):1022-1035.[Liu Q R, Tang L. Push-pull effect of urbanization on energy consumption and its influencing factors: An empirical test with threshold effect model[J]. Resources Science, 2022, 44(5): 1022-1035.] DOI: 10.18402/resci.2022.05.12

城镇化对能源消费的推拉效应及其影响因素 ——基于门槛效应模型的实证检验

柳清瑞¹,唐璐²

(1. 辽宁大学经济学院,沈阳 110136;2. 辽宁大学公共管理学院,沈阳 110136)

摘要:在城镇化进程中,能源消费以及碳排放问题越来越突出。协调好城镇化与能源消费的关系,在加快城镇化进程的同时控制能源消费合理增长,对于中国持续推进生态文明建设、实现绿色可持续发展具有重要的现实意义。本文利用2005—2019年省级面板数据,采用系统广义矩估计法(SYS-GMM)和门槛效应模型,分别从需求侧和供给侧检验城镇化对能源消费的推拉效应及其影响因素,分析不同阶段城镇化影响能源消费的变化规律及传导机制。结果发现:①城镇化对能源消费具有推拉效应,且随着城镇化由低级阶段发展到更高阶段,整体推拉效应逐渐减弱;②城镇化影响能源消费的主要传导机制为:在需求侧,劳动力参与率提高能够拉动能源消费,而人力资本集聚度和总抚养比的上升抑制能源消费;在供给侧,产业结构调整推动能源消费,技术创新水平和环境规制强度的提高抑制能源消费;③城镇化对能源消费存在门槛效应,且在不同的门槛区间内,城镇化对能源消费的传导机制存在异质性;④根据中国与经济合作与发展组织(OECD)国家的实证比较发现,城镇化对能源消费的推拉效应在城镇化中低阶段存在差异,而在城镇化高级阶段趋同。中国能源消费压力主要来自于产业结构不合理、对外贸易水平提高和环境规制政策不完善。未来政策的重点是:加快产业结构优化升级;大力推进外贸优质发展;加强能源科技创新能力建设;完善政府环境规制政策。

关键词:城镇化;能源消费;推拉效应;门槛效应;传导机制;中国;OECD国家

DOI:10.18402/resci.2022.05.12

1 引言

随着中国经济社会的不断发展,城镇化进程也逐步加快,这是世界各国的普遍发展规律。“七普”数据显示,2020年中国城镇化率达到了63.89%。根据世界城市发展规律,中国城镇化率正处在30%~70%的加速成长期。城镇化水平的提高对能源消费存在推拉效应(Push and Pull Effect),即供给侧非农产业的发展对能源消费具有推动作用,而需求侧城镇人口集聚对能源消费增加具有拉动作用,二者在总体上均会扩大能源消费规模,但不同因素对能源消费的影响存在差异。在城镇化不同阶段,这种推拉效应存在异质性,呈现不同的变化规律。在中国

城镇化进程逐步加快以及实现“双碳目标”的背景下,这一问题非常值得研究与探讨。Jones^[1]利用59个发展中国家数据研究发现了城镇化影响能源利用的机制,城镇化和工业化引起的规模经济对能源利用产生了推动作用,而农业人口转移到城镇改变了居民部门能源利用模式,从而对能源利用产生了拉动作用。目前,中国已成为世界上最大的能源消费国和二氧化碳排放国,据测算,2020年中国二氧化碳排放量约100亿t,其中能源消费排放约占二氧化碳排放量的9成,而化石能源消费又占能源消费总量的近84%。国务院2021年颁布了《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导

收稿日期:2021-09-07;修订日期:2022-04-23

基金项目:国家社会科学基金项目(20BRK008);国家社会科学基金青年项目(20CJY016)。

作者简介:柳清瑞,男,吉林农安人,教授,研究方向为人口、资源与环境经济学。E-mail: lqrmooon@163.com

通讯作者:唐璐,女,山东菏泽人,博士研究生,研究方向为人口、资源与环境经济学。E-mail: tanglulnu@163.com

2022年5月

意见》,明确提出了“双碳”发展目标,即在2030年前实现碳达峰,在2060年前实现碳中和。这意味着中国的能源消费以及碳排放面临着城镇化与工业化需求刚性和“双碳”目标约束的艰难平衡。在经济发展与城镇化进程中,能源消费保持适度、绿色与平衡增长对实现“双碳”目标至关重要。在此背景下,分析城镇化对能源消费推拉效应的变动特征及影响因素,探究城镇化影响能源消费的传导路径及不同城镇化阶段的异质性,为政府制定实现“双碳”目标相关政策提供参考。

国内外学者关于城镇化与能源消费的关系研究,主要集中在围绕以下两个方面:①城镇化对能源消费的影响特征。部分学者通过格兰杰检验得到城镇化与能源消费存在双向因果关系^[2,3]。更多研究发现,城镇化与能源消费之间存在线性或非线性的相关关系。Fan等^[4]基于中国1996—2012年数据,研究得到城镇化能够增加住宅能源消费,并随着时间的推移城镇化对能源消费的影响呈现递减趋势。Khuong等^[5]基于东盟国家1995—2013年数据分析城镇化与能源需求的定量关系,提出城镇人口每年减少0.1%,能源需求将每年减少1.4%~2.6%。Chen等^[6]认为城镇化在短期内能够降低能源消费强度,但是由于不能持续地集约利用能源,在长期城镇化对能源强度的影响为正向效应。而汪小英等^[7]利用2006—2017年中国省级面板数据,研究得到城镇化对地区能源消费强度具有负向影响。关于城镇化与能源消费的非线性关系研究,主要观点包括“U型”“倒U型”和“倒N型”3种关系形态。沈可等^[8]基于中国1995—2015年省级面板数据研究发现,城镇化率与人均生活能耗之间呈“U型”关系。胡东兰等^[9]利用2008—2016年的中国城市面板数据分析测算,得出大部分观测期内能源回弹效应呈现“U型”变化趋势。Lin等^[10]提出中国城镇化率对能源强度的影响呈现“倒U型”变化轨迹。曹翔等^[11]采用多期双重差分模型分析中国实行户籍制度改革的部分省份数据,研究发现城镇化与居民生活能源消费碳排放之间存在“倒N型”曲线关系。②城镇化对能源消费的影响路径。城镇化是一个人口、产业、技术等多种因素共生演化发展的过程,城镇化对能源消费的影响也是在多种因素交织互

动下进行的。严翔等^[12]从产业结构角度研究发现,中国城镇化过程中的产业结构转型升级能够降低能源消费。另外,也有学者认为产业结构转型升级对能源消费结构优化和效率提高存在促进作用^[13,14]。韩君等^[15]从技术因素角度研究发现,创新发展对能源消费具有抑制效应,且在中国存在北高南低的区域异质性。除此之外,技术创新也是影响能源效率、能源强度和能源消费结构的重要因素^[16-18]。邵帅等^[19]从经济集聚角度研究发现,经济集聚水平达到一定阈值后,能够同时表现出节能和减排的双重效应。张雪峰等^[20]利用中国14个城市10年间的面板数据,分析得到城镇化中的低碳交通体系对能源消费结构优化有显著的促进作用。

综上所述,由于观测期、样本选择和方法选择的不同,国内外学者关于城镇化对能源消费影响特征的研究结论存在差异。关于城镇化对能源消费的影响路径分析,现有研究提出了产业、经济、技术、交通等要素所起的传导作用。但城镇化对能源消费的传导路径是否随城镇化水平变化而呈现差异性?在不同城镇化水平区间,城镇化对能源消费的推拉效应有何变化?中国能否借鉴OECD国家发展模式,实现城镇化与能源消费协调发展?国内外文献对此研究较少。因此,本文基于2005—2019年中国省级和OECD国家面板数据,实证分析城镇化对能源消费推拉效应的变动特征及影响因素,并从需求和供给侧视角分析其传导路径及影响因素的门槛效应。边际贡献为:一是通过基准模型分析城镇化对能源消费的影响特征,对线性和非线性影响特征均进行了分析;二是构建基于城镇化水平的门槛回归模型,并综合考虑人口、技术、经济、政策、产业、收入等要素的互动传导作用,分别从需求侧和供给侧分析城镇化对能源消费的传导机制及其异质性;三是根据门槛回归结果对样本期内的城镇化水平进行从低到高的区间划分,并与OECD国家的城镇化影响能源消费的回归结果进行比较分析,以考察中国与OECD国家不同阶段城镇化对能源消费影响的相似特征和主要差异。

2 研究方法、数据来源和变量选择

2.1 模型设定

本文基于可拓展的随机性环境影响评估模型

(STIRPAT)来实证检验中国城镇化水平与能源消费的相关性,基本模型为:

$$I = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i \quad (1)$$

式中: I 为环境质量; P 为人口规模; A 为技术水平; T 为财富水平;下标 i 为地区序号; a 为模型的系数; b 、 c 和 d 为各解释变量的参数; e 为误差项。

在式(1)基础上,以能源消费为被解释变量,城镇化率和影响能源消费的其他相关因素为解释变量,构建如下回归方程:

$$\begin{aligned} legc_{it} = & \beta_0 + \beta_1 urb_{it} + \beta_2 urb_{it}^2 + \beta_3 hca_{it} + \beta_4 lr_{it} + \\ & \beta_5 tdr_{it} + \beta_6 lpci_{it} + \beta_7 psti_{it} + \beta_8 tec_{it} + \beta_9 eg_{it} + \\ & \beta_{10} lfl_{it} + v_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $legc_{it}$ 表示第 i 个省份 t 年的人均能源消费量; urb 、 hca 、 lr 、 tdr 、 $lpci$ 、 $psti$ 、 tec 、 eg 、 lfl 分别表示城镇化率、人力资本集聚度、劳动力参与率、总抚养比、收入水平、产业结构、技术创新水平、环境规制强度、对外贸易水平; β 为回归系数; v_i 和 ω_t 分别表示地区和时间固定效应; ε 为随机扰动项。

在式(2)基础上,建立包含能源消费滞后一期和城镇化率平方项的回归模型,实证检验能源消费的滞后效应。回归模型与式(2)类似。并选择城镇化率与其他解释变量(如人力资本集聚度)交乘项作为解释变量,建立与式(2)相似的回归模型,实证检验城镇化影响能源消费的间接效应。

为实证检验不同阶段的城镇化水平对能源消费的影响,构建如下的门槛效应模型:

$$\begin{aligned} legc_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 urb_{it} \times hca_{it} I(urb_{it} \leq \gamma_1) + \\ & \alpha_2 urb_{it} \times hca_{it} I(\gamma_1 < urb_{it} \leq \gamma_2) + \alpha_3 urb_{it} \times \\ & hca_{it} I(urb_{it} > \gamma_2) + \mu_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

式中: urb_{it} 为门槛变量; $I(\cdot)$ 为指标函数; γ_1 和 γ_2 是待估算的两个门槛参数,且 $\gamma_1 < \gamma_2$; α 为回归系数; μ 为随机扰动项。

2.2 数据来源

基础数据来源于2005—2019年中国统计年鉴、中国环境统计年鉴、中国能源统计年鉴、中国工业经济统计年鉴、中国城市统计年鉴和各省市统计年鉴。2010年各地区总抚养比的数据缺失采用插值法进行了处理,国内生产总值均以2000年为基期进行了调整。为保持数量级一致,对部分变量取对数。因数据缺失,不包括西藏、港澳台地区,最终形成了包含全国30省(市、区)450个样本的数据集。

2.3 变量说明及描述性统计

选取人均能源消费量(对数)作为被解释变量,选取城镇化率作为核心解释变量(门槛变量)。根据中国城镇化水平和能源消费的实际情况,选择以下变量为影响能源消费的解释变量:①人力资本集聚度。采用高等学校在校生数占小学及以上在校生总人数比重作为人力资本集聚度的代理变量。②劳动力参与率。用经济活动人口(城乡就业人员总数)与劳动年龄(15~64岁)人口数之比表示。③总抚养比。用0~14岁少年人口与65岁及以上老年人口之和与劳动年龄人口之比表示。④居民收入水平。用城乡居民人均可支配收入作为代理变量,其中农村家庭2013年前(2005—2012年)人均可支配收入未统计,用农村居民家庭人均纯收入代替。⑤产业结构。用第二、三产业产值与总产值之比表示。⑥技术创新水平。用R&D经费支出与GDP之比表示。⑦环境规制强度。用工业污染治理完成投资与GDP之比表示。⑧对外贸易水平。用进出口总额作为代理变量。变量说明及描述性统计见表1。

3 结果与分析

3.1 城镇化与能源消费的相关性分析

本文分别利用混合最小二乘法(OLS)、固定效应模型(FE)与系统矩估计(SYS-GMM)进行面板回归估计,并利用Hausman检验确定使用固定效应还是随机效应回归估计。Hausman检验结果 p 值小于0.01,说明采用固定效应进行回归估计比较合适。

根据表2,城镇化率与能源消费之间存在显著的正相关关系。表2的实证结果列(1)~(3)是由混合OLS模型进行回归估计得到。为检验城镇化与能源消费之间的线性或非线性相关性,列(2)和(3)分别由(1)的基础上加入城镇化率平方项 urb_{it}^2 和立方项 urb_{it}^3 回归估计得到。城镇化率的平方项与立方项均在1%的显著性水平上与人均能源消费负相关,恰好与环境库兹涅茨曲线(EKC)的“倒U型”曲线相吻合。说明城镇化与能源消费存在非线性相关性,且城镇化对能源消费的影响存在潜在的门槛效应。列(4)~(6)是FE回归结果,在OLS回归估计的基础上加入了时间和地区的双固定效应。其中,列(5)和(6)是分别在列(4)的基础上加入城镇

2022年5月

表1 变量说明及描述性统计

Table 1 Variable description and descriptive statistics

变量名称	变量说明	均值	标准差	最小值	最大值
人均能源消费量(<i>legc</i>)	人均能源消费量/tce,取对数	1.10	0.45	-0.01	2.40
城镇化率(<i>urb</i>)	城镇人口占当地全部人口比重/%	54.04	13.86	26.87	89.60
人力资本集聚度(<i>hca</i>)	高等学校在校生数占小学及以上在校生总人数比重/%	15.65	8.72	4.15	44.97
劳动力参与率(<i>lr</i>)	城乡就业人员总数占15~64岁人口数比重/%	72.60	0.17	10.36	89.97
总抚养比(<i>tdr</i>)	0~14岁少年人口与65岁及以上老年人口之和与劳动年龄人口之比/%	36.89	6.54	20.23	57.58
居民收入水平(<i>lpci</i>)	城乡居民人均可支配收入/元,取对数	9.61	0.62	8.18	11.19
产业结构(<i>psti</i>)	第二、三产业产值占总产值比重/%	89.25	5.72	66.40	99.70
技术创新水平(<i>tec</i>)	R&D经费支出占GDP比重/%	0.42	0.82	0.04	5.65
环境规制强度(<i>eg</i>)	工业污染治理完成投资占GDP比重/%	0.25	0.34	0.00	3.40
对外贸易水平(<i>lfit</i>)	进出口总额/万美元,取对数	15.00	1.66	10.63	18.51

资料来源:中国统计年鉴、中国环境统计年鉴、中国能源统计年鉴、中国工业经济统计年鉴、中国城市统计年鉴及各省市统计年鉴。下同。

化率平方项 urb_i^2 和立方项 urb_i^3 回归估计得到。列(7)~(9)是SYS-GMM的估计结果,在OLS回归估计的基础上加入了能源消费的滞后一阶变量,同时控制了时间和地区固定效应。其中,列(8)和(9)也是分别在列(7)的基础上加入城镇化率平方项 urb_i^2 和立方项 urb_i^3 回归估计得到。列(1)~(6)均显示,城镇化率与能源消费显著正相关。在利用OLS回归模型估计时发现,城镇化率的平方项与立方项与能源消费存在负相关性,即表现为城镇化与能源消费的“倒U型”或“倒N型”的相关关系。SYS-GMM回归估计中的能源消费滞后一期回归系数显著为正,说明能源消费存在滞后效应。

实证结果显示:①人力资本集聚度与能源消费负相关,且在1%~5%显著性水平上显著。城镇化过程中的人力资本集聚促使生产部门向能源技术创新领域发展,推动能源新技术和新产品的普遍应用,从而降低生产部门的能源消费水平。与此同时,人力资本水平提高也会促使居民部门的能源消费向成本节约、绿色环保和效率较高的能源利用模式转变,从而降低居民部门的能源消费。②劳动力参与率与能源消费正相关。城镇化水平上升促进了市场要素向城镇集聚,从而大幅提高劳动力参与率。城镇就业的扩大能够带来能源需求的增加,尤其是在城镇化初级阶段。③总抚养比与能源消费负相关。弗莱文(Flavin)等学者发现收入与消费存在“过度敏感性”,即消费与劳动收入存在正相关

性。如果社会总抚养比上升,表明少儿人口和老年人口增加,而劳动适龄人口则减少。因此,总抚养比的上升将引起能源消费水平下降。随着总抚养比的上升,少儿人口与老年人口逐步增加,而劳动适龄人口逐步减少。前者由于收入和消费的“过度敏感性”而减少能源消费,特别是老年人边际消费倾向下降,使能源消费减少,同时老年人更偏好绿色节能环保产品与服务,降低了能源消费水平。后者由于劳动适龄人口减少导致劳动有效供给不足,对生产端和消费端都可能产生负面影响,进而使能源消费水平下降。④城乡居民可支配收入与能源消费正相关,根据表2列(1)~(6)显示在1%显著性水平上显著。城乡居民可支配收入水平的提高,将促进居民部门增加汽车、住房等耐用品消费,从而使得能源消费增加。⑤产业结构与能源消费正相关,根据列(1)~(3)显示在1%显著性水平下通过检验。现阶段,产业结构不断调整使工业和服务业比重上升,在促进经济增长的同时扩大了能源消费规模。这也说明现阶段产业结构优化升级的过程并未完成,这直接导致产业优化升级对能源消费下降所发挥的推动作用并不显著。⑥对外贸易水平与能源消费正相关。本文利用进出口总额作为对外贸易水平的代理变量,考察其对能源消费的影响。对外贸易水平提高对能源消费的总效应主要取决于贸易逆差还是贸易顺差以及产业发展状况。本文的实证结果表明对外贸易水平的提高,将促进

表2 面板模型估计结果

Table 2 Estimation results of the panel model

	OLS			FE			SYS-GMM		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>L.legc</i>							0.831*** (0.036)	0.835*** (0.036)	0.834*** (0.036)
<i>urb</i>	0.590** (0.234)	1.470*** (0.532)	1.027*** (0.330)	0.915*** (0.236)	0.888* (0.482)	0.943*** (0.304)	0.090 (0.177)	0.210 (0.268)	0.153 (0.190)
<i>urb</i> ²		-0.900* (0.482)			0.029 (0.456)			-0.136 (0.258)	
<i>urb</i> ³			-0.586* (0.304)			-0.043 (0.294)			-0.100 (0.167)
<i>hca</i>	-1.149*** (0.355)	-0.987*** (0.369)	-0.978*** (0.369)	-1.942*** (0.362)	-1.946*** (0.367)	-1.934*** (0.367)	-0.659** (0.301)	-0.665** (0.307)	-0.670** (0.308)
<i>lr</i>	0.103*** (0.033)	0.105*** (0.033)	0.104*** (0.033)	0.097*** (0.034)	0.097*** (0.034)	0.097*** (0.034)	0.025** (0.012)	0.024* (0.012)	0.024* (0.012)
<i>tdr</i>	-1.114*** (0.136)	-1.063*** (0.137)	-1.070*** (0.137)	-0.509*** (0.131)	-0.510*** (0.132)	-0.507*** (0.132)	-0.071 (0.049)	-0.058 (0.050)	-0.056 (0.050)
<i>lpci</i>	0.319*** (0.032)	0.316*** (0.032)	0.315*** (0.032)	0.998*** (0.108)	0.998*** (0.113)	0.993*** (0.114)	0.090 (0.062)	0.079 (0.069)	0.079 (0.070)
<i>psti</i>	0.013*** (0.003)	0.012*** (0.003)	0.012*** (0.003)	0.004 (0.003)	0.004 (0.003)	0.004 (0.003)	-0.001 (0.002)	-0.001 (0.002)	-0.001 (0.002)
<i>tec</i>	-19.290*** (2.745)	-18.524*** (2.801)	-18.304*** (2.821)	-25.250*** (2.940)	-25.261*** (2.949)	-25.216*** (2.953)	-2.752** (1.310)	-2.895** (1.352)	-2.882** (1.343)
<i>eg</i>	-1.011* (1.616)	-0.974* (1.606)	-1.003 (1.605)	-0.637 (1.392)	-0.638 (1.394)	-0.637 (1.394)	-0.786 (0.572)	-0.788 (0.565)	-0.784 (0.565)
<i>lfil</i>	0.019* (0.015)	0.017* (0.015)	0.017 (0.015)	0.015 (0.016)	0.015 (0.017)	0.014 (0.017)	0.008 (0.010)	0.006 (0.009)	0.006 (0.010)
常数项	-3.211*** (0.305)	-3.332*** (0.310)	-3.246*** (0.305)	-8.313*** (1.036)	-8.334*** (1.085)	-8.255*** (1.111)	-0.508 (0.655)	-0.356 (0.721)	-0.341 (0.742)
观测样本数	450	450	450	450	450	450	420	420	420
<i>R</i> ²	0.817	0.819	0.819	0.869	0.869	0.869			
AR(1)							0.001	0.001	0.001
AR(2)							0.261	0.265	0.264
Hansen test							0.756	0.387	0.393
形态	正相关	倒U型	倒N型	正相关	正相关	正相关	不显著	不显著	不显著

注: *、**、***分别表示在10%、5%和1%的显著水平上显著,括号内为*t*值;AR(1)-AR(2)表示是对扰动项的自相关检验(Arellano-Bond test),结果显示的是*p*值;系统广义矩回归模型为两阶段模型。下同。

工业部门和能源部门迅速扩张,从而导致能源消费规模扩大。⑦技术创新水平与能源消费负相关。列(1)-(6)回归系数较大,且在1%显著性水平上显著。这说明技术创新水平的提高有助于减少城镇化过程中的能源消费,成为减少能源消费以及碳排放的重要影响因素。⑧环境规制强度与能源消费负相关。实际上,一个国家和地区的环境规制政策

对能源消费产生直接效应和间接效应,前者表明环境规制本身及其倒逼技术创新、提高企业进入门槛等直接减少能源消费,而后者表明环境规制存在间接效应,它能够促进产业结构优化升级,工业部门和能源部门转变能源消费模式、改变能源消费结构,提高能源利用效率。这也会促使能源消费水平适度下降。但在城镇化初级和中级阶段,环境规制

2022年5月

影响能源消费的间接效应可能无法达到政策预期,即产业优化升级并未对能源消费水平下降发挥积极作用。

3.2 城镇化影响能源消费的门槛效应

为考察不同阶段城镇化水平对能源消费的影响,本文以城镇化率为门槛变量,构建门槛效应模型。被解释变量是能源消费量,核心解释变量分别是城镇化率与人力资本集聚度、劳动力参与率、总抚养比、产业结构、技术进步水平和对外贸易水平的交乘项。

根据表3的面板门槛效应检验结果,城镇化率分别与人力资本集聚度、劳动力参与率、人口总抚养比、对外贸易水平的交乘项作为核心解释变量时,均存在双重门槛效应,而城镇化率分别与产业结构和技术创新水平的交乘项作为核心解释变量时,只存在单一门槛效应。这意味着城镇化通过人力资本集聚度、劳动力参与率、人口总抚养比等传导因素影响能源消费的间接效应均十分显著。

3.2.1 基于需求侧的分析

基于表3面板门槛效应检验与门槛值置信区间结果,将6个解释变量分别加入门槛效应回归模型,然后进行SYS-GMM估计和门槛效应回归估计。核心解释变量为城镇化率分别与人力资本集聚度、劳动力参与率和总抚养比的交乘项。表4为基于需求

侧城镇化率与能源消费相关性的回归估计结果。

根据表4,需求侧城镇化提高劳动力参与率对能源消费起主要拉动作用,人力资本集聚和总抚养比的传导效应对能源消费影响为负。根据城镇化率的门槛区间由低到高,城镇化通过提高人力资本集聚度提高显著降低能源消费,且影响强度有增加趋势;城镇化通过劳动力参与率提高对能源消费的影响显著为正,且在城镇化中期阶段有增强趋势。这说明城镇化促使农村剩余劳动力转移到城镇,一方面,提高了工业和服务业部门的劳动供给,促进了生产部门的规模扩张,另一方面,农村人口向城镇集聚导致居民部门能源需求扩大,这两方面对城镇能源消费起到了推拉作用。总抚养比与能源消费的负相关性先减弱后增强。这主要是因为随着城镇化水平的提高,高水平的城镇化与工业化促使能源技术创新逐步加快,新能源产品与服务市场占有率上升。这为少儿和老年人口的能源消费决策提供了更多选择性的同时,绿色低碳产品消费成为未来新选择,从而使总抚养比与能源消费的负相关性在长期出现增强趋势。

3.2.2 基于供给侧的分析

从供给侧考察城镇化对能源消费的推动效应,将城镇化率分别与产业结构、技术创新水平和对外贸易水平的交乘项作为核心解释变量纳入门槛效

表3 面板门槛效应检验与门槛值置信区间

Table 3 Panel threshold effect testing and confidence intervals

核心解释变量	门槛类型	F值	临界值			门槛值	95%置信区间
			10%	5%	1%		
$urb \times hca$	单一门槛	8.840**	8.626	9.483	11.826	0.583	[0.568, 0.584]
	双重门槛	13.870***	10.191	10.917	11.887	0.583	[0.574, 0.584]
						0.417	[0.389, 0.418]
$urb \times lr$	双重门槛	15.180**	13.265	15.120	17.709	0.524	[0.516, 0.525]
						0.621	[0.615, 0.623]
$urb \times tdr$	单一门槛	25.560***	11.535	12.669	14.265	0.417	[0.389, 0.418]
	双重门槛	17.020***	11.274	14.068	16.736	0.417	[0.411, 0.418]
						0.576	[0.573, 0.576]
$urb \times lfil$	单一门槛	14.740***	8.997	9.809	11.467	0.835	[0.769, 0.836]
	双重门槛	11.820***	9.824	11.531	14.584	0.417	[0.373, 0.418]
						0.763	[0.732, 0.772]
$urb \times psti$	单一门槛	16.140***	14.395	15.540	17.066	0.621	[0.615, 0.623]
$urb \times tec$	单一门槛	11.840***	6.490	6.810	7.828	0.576	[0.481, 0.576]

注:F值和临界值均采用bootstrap反复抽样300次得到。

表4 基于需求侧的城镇化率与能源消费回归估计结果

Table 4 Regression estimation results of urbanization and energy consumption considering the demand side

	(1)		(2)		(3)	
	SYS-GMM	门槛估计	SYS-GMM	门槛估计	SYS-GMM	门槛估计
<i>L.legc</i>	0.827*** (0.037)		0.831*** (0.037)		0.834*** (0.036)	
<i>urb</i>	0.141 (0.197)		0.062 (0.179)		0.111 (0.183)	
<i>hca</i>			-0.666** (0.301)	-2.084*** (-5.290)	-0.638** (0.305)	-1.881*** (-4.680)
<i>lr</i>	0.024* (0.012)	0.097*** (3.300)			0.025* (0.012)	0.077** (2.500)
<i>tdr</i>	-0.056 (0.052)	-0.910*** (-7.350)	-0.075 (0.047)	-1.009*** (-7.870)		
<i>lpci</i>	0.065 (0.060)	0.487*** (16.200)	0.094 (0.063)	0.409*** (13.760)	0.085 (0.062)	0.472*** (14.390)
<i>psti</i>	-0.001 (0.002)	0.007** (2.380)	-0.001 (0.002)	0.007** (2.180)	-0.001 (0.002)	0.009*** (2.820)
<i>tec</i>	-2.477* (1.435)	-29.969*** (-10.740)	-2.646* (1.319)	-27.402*** (-9.250)	-2.653* (1.313)	-29.843*** (-10.140)
<i>eg</i>	-0.743 (0.565)	-1.973 (-1.330)	-0.793 (0.571)	-2.141 (-1.410)	-0.755 (0.572)	-1.737 (-1.130)
<i>lfil</i>	0.007 (0.010)	0.053*** (3.620)	0.008 (0.010)	0.045*** (2.980)	0.008 (0.010)	0.054*** (3.540)
<i>urb×hca</i>	-0.933** (0.384)	-3.722*** (-6.930)				
		<i>urb</i> ≤41.7% -3.242*** (-6.570)				
		41.7%< <i>urb</i> ≤58.3% -3.934*** (-7.640)				
		<i>urb</i> >58.3%				
<i>urb×lr</i>			0.048** (0.020)	0.134 (1.560)		
				<i>urb</i> ≤52.4% 0.273*** (4.060)		
				52.4%< <i>urb</i> ≤62.1% -0.009 (-0.100)		
				<i>urb</i> >62.1%		
<i>urb×tdr</i>					-0.042 (0.107)	-1.730*** (-7.170)
						<i>urb</i> ≤41.7% -1.340*** (-6.340)

2022年5月

续表4

	(1)		(2)		(3)	
	SYS-GMM	门槛估计	SYS-GMM	门槛估计	SYS-GMM	门槛估计
$urb \times tdr$						41.7% < $urb \leq 57.6\%$ -2.049*** (-7.300) $urb > 57.6\%$
常数项	-0.218 (0.656)	-4.436*** (-17.470)	-0.531 (0.668)	-3.531*** (-13.730)	-0.493 (0.653)	-4.562*** (-16.300)
观测样本数	420	450	420	450	420	450
R^2		0.835		0.829		0.824
AR(1)	0.001		0.001		0.001	
AR(2)	0.263		0.260		0.256	
Hansen test	0.213		0.161		0.219	

应模型,表5显示了门槛效应回归估计结果。①城镇化通过产业结构对能源消费的影响表现为不显著的负相关性。根据城镇化率的门槛区间由低到高,产业结构对能源消费的正向传导效应表现为不明显的减弱趋势。当城镇化率进入大于62.1%的较高城镇化率的门槛区间,回归系数由正转负。②技术创新对能源消费的负向传导效应表现为逐渐减弱趋势。在城镇化率小于57.6%的较低城镇化水平阶段,回归系数为-36.741,而在城镇化率水平较高的门槛区间,回归系数为-34.956。③城镇化率通过对外贸易水平的提高对能源消费表现为负向影响但不显著。对外贸易水平对能源消费的传导效应随城镇化水平由低级到高级阶段,影响方向分别是负、正、负向。在基于供给侧选择的解释变量中,产业结构变化和对外贸易水平在低、中级阶段分别对能源消费具有推动作用。这与实际经验证据一致,城镇化水平的提高促进城镇非农产业发展,工业与服务业产值和附加值不断上升,城镇化与工业化水平的提高使得生产部门规模扩张,同时基建投资和金融发展都将大幅增加城镇能源消费量。

城镇化水平的提高将对能源消费产生推拉效应,从而增加能源消费,但在不同城镇化阶段,城镇化对能源消费的影响并不相同。以城镇化率为门槛变量,构建门槛效应模型进行实证检验。根据门槛变量的选择结果将城镇化划分为低级(城镇化率 $urb \leq 57.6\%$)、中级($57.6\% < urb \leq 76.3\%$)和高级($urb > 76.3\%$)3个阶段,与标准城镇化阶段划分大体接近。具体划分方法为:将不同因素对能源消费影响的城镇化门槛值由低到高排序,以50%和100%分

位点对应的值为时段划分点。国家统计局数据显示,2005—2019年全国平均城镇化率从45.2%提高至60.6%,根据世界城市发展规律,目前中国城镇化整体上仍处于30%~70%的中等发展阶段。根据本文对需求侧和供给侧的实证分析表明,中国城镇化水平对能源消费存在较大的推拉效应,给能源消费控制以及碳减排造成了一定的压力。

3.3 中国与OECD国家城镇化对能源消费影响的实证比较

3.3.1 研究依据、数据来源、变量说明及描述性统计

实际上,绝大多数OECD成员国属于发达经济体,且处在城镇化高级阶段。因此,OECD国家的能源消费增长率逐年降低,城镇化对能源消费的影响逐步下降。根据世界能源组织和美国能源信息署(EIA)统计数据显示,2000—2018年OECD国家一次能源消费总量由235.74千兆增加至246.20千兆英热单位,增幅较小;中国一次能源消费总量由42.42千兆增加至147.57千兆英热单位,增幅较大。世界银行(World Bank)统计数据显示,2000—2019年OECD国家的平均城镇化率由76.5%上升至79.1%,城镇化水平增幅较小;中国的城镇化率由35.9%增长至60.3%,增幅较大。2000年以后,OECD国家平均城镇化水平处在高级阶段,一次能源消费总量增幅较小。但中国正处在城镇化进程加快期,与OECD国家的城镇化水平差距较大。因此,城镇化进程的逐步加快必然会导致能源消费增加。根据前文对城镇化水平进行的阶段划分,分别对城镇化低级阶段($urb \leq 57.6\%$)、中级阶段($57.6\% < urb \leq 76.3\%$)和高级阶段($urb > 76.3\%$)3组数据进行

表5 基于供给侧的城镇化率与能源消费回归估计结果

Table 5 Regression estimation results of urbanization and energy consumption considering the supply side

	(1)		(2)		(3)	
	SYS-GMM	门槛估计	SYS-GMM	门槛估计	SYS-GMM	门槛估计
<i>L.legc</i>	0.832*** (0.036)		0.831*** (0.036)		0.831*** (0.035)	
<i>urb</i>	0.185 (0.348)		0.098 (0.178)		0.279 (0.205)	
<i>hca</i>	-0.664** (0.297)	-2.083*** (-5.330)	-0.642** (0.309)	-2.526*** (-6.54)	-0.623* (0.309)	-1.745*** (-4.420)
<i>lr</i>	0.026** (0.012)	0.103*** (3.320)	0.026** (0.012)	0.102*** (3.480)	0.022* (0.011)	0.089*** (2.840)
<i>tdr</i>	-0.069 (0.049)	-0.991*** (-7.660)	-0.071 (0.049)	-1.003*** (-8.120)	-0.063 (0.047)	-1.092*** (-8.630)
<i>lpci</i>	0.089 (0.062)	0.423*** (10.930)	0.093 (0.061)	0.436*** (15.890)	0.065 (0.068)	0.447*** (11.900)
<i>psti</i>			-0.001 (0.002)	0.003 (0.950)	0.001 (0.002)	0.012*** (3.740)
<i>tec</i>	-2.715** (1.282)	-27.533*** (-8.610)			-2.490* (1.294)	-27.169*** (-8.980)
<i>eg</i>	-0.789 (0.564)	-2.324 (-1.530)	-0.779 (0.573)	-2.186 (-1.490)	-0.760 (0.574)	-2.232 (-1.460)
<i>lfil</i>	0.009 (0.009)	0.058*** (4.010)	0.009 (0.010)	0.061*** (4.240)		
<i>urb×psti</i>	-0.001 (0.003)	0.001* (0.220)				
		<i>urb</i> ≤62.1%				
		-0.001 (-0.190)				
		<i>urb</i> > 62.1%				
<i>urb×tec</i>			-3.028* (1.671)	-36.741*** (-10.720)		
				<i>urb</i> ≤57.6%		
				-34.956*** (-10.980)		
				<i>urb</i> > 57.6%		
<i>urb×lfil</i>					-0.010 (0.015)	-0.008 (-0.540)
						<i>urb</i> ≤41.7%
						0.001* (0.050)
						41.7% < <i>urb</i> ≤ 76.3%
						-0.014 (-0.980)
						<i>urb</i> > 76.3%
常数项	-0.514 (0.659)	-3.309*** (-10.810)	-0.551 (0.653)	-3.713*** (-16.260)	-0.252 (0.668)	-3.636*** (-10.590)
观测样本数	420	450	420	450	420	450
<i>R</i> ²		0.827		0.839		0.826
AR(1)	0.001		0.001		0.001	
AR(2)	0.262		0.260		0.257	
Hansen test	0.243		0.196		0.201	

2022年5月

固定效应回归估计,得到了中国城镇化水平影响能源消费的实证结果。为考察不同阶段城镇化对能源消费影响的异质性,本文对中国与OECD国家城镇化影响能源消费的状况进行比较分析,旨在探究随着中国城镇化进入中高级发展阶段^[21],中国的能源消费水平是否存在与OECD国家相似的变化规律和传导机制。

为与中国城镇化对能源消费影响的实证分析相关变量尽量保持一致,选取2005—2019年32个OECD国家^①的城镇化率、人均能源消费量、人力资本集聚度等对应指标进行回归估计。需要说明的是,由于统计上的不同,中国与OECD国家的某些指标存在差异,这导致实证结果差异较大,但不影响相关实证结果的比较。各变量相关说明及描述性统计见表6。其中,人力资本集聚度、居民收入水平、产业结构、技术创新水平、环境规制强度的指标定义存在差别。数据来源于OECD、IMF、World Bank、联合国教科文组织的统计数据库,其中部分变量的缺失数据利用插值法进行了补充。

3.3.2 中国与OECD国家能源消费影响因素的实证结果比较

中国与OECD国家经济发展和城镇化水平不同,因此,中国与OECD国家不同阶段的城镇化对能源消费的影响也存在差异。根据表7的实证结果进行具体比较分析:

(1)城镇化低级阶段(城镇化率 $urb \leq 57.6\%$)。中国的劳动力参与率、收入水平、对外贸易水平分别与能源消费正相关,而人力资本集聚度、总抚养比、产业结构、技术创新水平、环境规制强度分别与能源消费负相关。OECD国家的劳动力参与率、总抚养比、产业结构、技术创新水平、对外贸易水平分别与能源消费正相关,而人力资本集聚度、环境规制强度分别与能源消费负相关。这说明中国在城镇化低级阶段,主要依靠城镇产业扩张(劳动参与率和居民收入水平提高)和提高对外贸易水平来拉动能源消费,而OECD国家在产业发展和提高对外贸易水平基础上,提高技术创新水平也推动了能源消费增长。总体上看,OECD国家在城镇化初级阶段,产业发展、对外贸易和技术创新等因素都有利于推动新能源消费增长,而中国推动能源消费增长的因素十分有限,且一些因素抑制了能源消费的增长。这主要是中国与OECD国家经济发展与城镇化水平相差较大所致。

(2)城镇化中级阶段($57.6\% < urb \leq 76.3\%$)。中国的城镇劳动力参与率、居民收入水平、技术创新水平、对外贸易水平分别与能源消费正相关,而人力资本集聚度、总抚养比、产业结构、环境规制强度分别与能源消费负相关。OECD国家的劳动力参与率、人力资本集聚度、技术创新水平、对外贸易水平分别与能源消费正相关,而总抚养比、居民收入水

表6 变量说明及描述性统计

Table 6 Variable description and descriptive statistics

变量名称	变量说明	均值	标准差	最小值	最大值
人均能源消费量(<i>oegc</i>)	人均初级能源消费量/ <i>tce</i> ,取对数	8.30	0.46	6.82	9.92
城镇化率(<i>ourb</i>)	城镇人口占总人口比重/%	77.82	11.66	51.53	98.04
人力资本集聚度(<i>ohca</i>)	受过高等教育毕业人数占总人口比重/%	0.96	0.28	0.07	1.79
劳动力参与率(<i>olpr</i>)	15~64岁劳动力占劳动力总数比重/%	65.85	5.94	45.00	81.57
总抚养比(<i>otdr</i>)	0~14岁少年人口与65岁及以上老年人口之和与劳动年龄人口之比/%	51.52	5.64	36.80	68.50
居民收入水平(<i>opci</i>)	人均居民最终消费支出的年增长率/%	1.01	0.03	0.85	1.13
产业结构(<i>opsti</i>)	工业与服务业增加值总额占GDP比重/%	88.02	4.73	20.42	99.16
技术创新水平(<i>otec</i>)	居民专利申请数/件,取对数	7.60	2.18	2.71	12.82
环境规制强度(<i>oeg</i>)	林业区域面积占总土地面积比重/%	34.37	18.10	0.37	73.74
对外贸易水平(<i>ofil</i>)	商品贸易总额占GDP比重/%	71.19	39.23	18.42	180.89

资料来源:OECD、IMF、World Bank、联合国教科文组织的统计数据库。

① 根据数据的完备性,选取的32个OECD成员国包括:澳大利亚、日本、韩国、新西兰、奥地利、比利时、瑞士、捷克、德国、丹麦、西班牙、爱沙尼亚、芬兰、法国、英国、希腊、爱尔兰、冰岛、意大利、卢森堡、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、斯洛伐克、斯洛文尼亚、瑞典、土耳其、加拿大、美国、以色列、智利。

表7 中国和OECD国家能源消费影响因素的固定效应回归结果

Table 7 Fixed effect regression results of influencing factors of energy consumption in China and OECD countries

	中国			OECD 国家		
	低级阶段: $urb \leq 57.6\%$	中级阶段: $57.6\% < urb \leq 76.3\%$	高级阶段: $urb > 76.3\%$	低级阶段: $urb \leq 57.6\%$	中级阶段: $57.6\% < urb \leq 76.3\%$	高级阶段: $urb > 76.3\%$
城镇化率	-0.396 (-0.500)	0.073* (0.070)	-1.980 (-1.250)	2.759*** (11.570)	4.058** (2.900)	2.327 (1.340)
人力资本集聚度	-2.313* (-2.030)	-1.881 (-1.610)	2.082*** (39.180)	-3.266 (-0.520)	10.438 (0.710)	19.663 (1.710)
劳动力参与率	0.069* (1.640)	0.053 (0.750)	0.188* (3.560)	2.863 (2.090)	5.486*** (16.840)	1.155 (0.580)
总抚养比	-0.463** (-2.390)	-0.238 (-1.120)	-0.660** (-1.220)	1.817** (3.730)	-0.744 (-0.830)	-2.391** (-2.210)
居民收入水平	1.516*** (3.160)	0.232* (2.110)	0.249** (4.790)	0.112 (1.170)	-1.244 (-1.800)	0.598 (0.760)
产业结构	-0.007 (-0.870)	-0.003 (-0.340)	0.109 (1.670)	4.095 (1.910)	-1.001 (-0.590)	1.119*** (4.590)
技术创新水平	-1.814 (-0.120)	8.790 (0.390)	-7.320** (-9.080)	0.089*** (7.750)	0.024 (0.660)	-0.187* (-1.740)
环境规制强度	-1.400* (-1.110)	-1.022 (-0.910)	1.120 (0.120)	-0.290** (-5.830)	-0.190 (-0.510)	0.863 (0.690)
对外贸易水平	0.050* (1.390)	0.078** (1.040)	0.047 (1.450)	0.188*** (8.900)	0.707** (2.650)	0.150 (0.600)
常数项	-12.745*** (-3.050)	-1.962 (-1.540)	-11.393 (-2.100)	-0.109 (-0.090)	2.349** (2.290)	6.865*** (4.220)
观测样本数	304	104	42	36	137	307
R^2	0.900	0.889	0.913	0.825	0.487	0.143
时间、地区固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES

平、产业结构、环境规制强度分别与能源消费负相关。在此阶段,与OECD国家一样,技术创新成为推动能源消费的重要力量。产业结构优化升级对能源消费产生了一定的抑制作用。一个显著的区别是,中国人力资本集聚度对能源消费产生了抑制作用,而OECD国家人力资本集聚度的提高显著刺激了能源消费水平的提高。这与这一阶段西方工业化国家实施人力资本与技术创新驱动的经济增长战略有关。

(3)城镇化高级阶段($urb > 76.3\%$)。中国的劳动力参与率、居民收入水平、产业结构、人力资本集聚度、对外贸易水平、环境规制强度分别与能源消费正相关,而总抚养比、技术创新水平分别与能源消费负相关。OECD国家的劳动力参与率、居民收入水平、产业结构、人力资本集聚度、对外贸易水平、环境规制强度分别与能源消费正相关,而总抚

养比、技术创新水平分别与能源消费负相关。在城镇化高级阶段,中国与OECD国家城镇化对能源消费的推拉效应及其影响因素基本上趋同。这说明虽然中国与OECD国家能源消费的传导机制在城镇化低级和中级阶段存在一定差异,但在城镇化高级阶段,城镇化对能源消费的推拉效应及其影响因素存在相似的规律与特征,这是本文研究的一个重要发现。

4 结论与政策启示

4.1 结论

本文基于2005—2019年中国省级面板数据,采用SYS-GMM和面板门槛效应模型,实证检验了城镇化对能源消费的影响及其传导机制。并进一步利用同观测期的OECD国家面板数据,对比分析不同城镇化阶段影响能源消费的主要推拉因素的差异,借鉴OECD国家发展模式,为中国城镇化的节

2022年5月

能减排路径提供参考。主要结论如下:

(1)城镇化对能源消费存在推拉效应。城镇化对能源消费具有显著的推拉作用,一方面,城镇化过程中的城市产业集聚、工业化和生产部门扩张对能源消费具有推动作用;另一方面,城镇化引起农业人口向城镇转移、居民消费模式转变、劳动力参与率和居民收入水平提高等对能源消费具有拉动作用。但城镇化进程加快,也促进了产业结构优化升级、对外贸易水平、技术创新水平、环境规制强度的提高。城镇化对能源消费的推拉效应,既与经济发展、城镇化、工业化和农业现代化过程中能源消费的刚性需求有关,也会受到产业结构、对外贸易、技术创新等因素的影响。这就使城镇化对能源消费的推拉效应及其影响因素在不同的城镇化阶段存在较大差异。

(2)城镇化对能源消费的推拉效应在需求侧和供给侧存在不同的传导机制。在需求侧,城镇化使农业人口向城镇集聚、城镇就业扩大、居民收入水平提高能够拉动能源消费,而人力资本集聚度和总抚养比上升对能源消费存在负向影响。在供给侧,城镇化促使产业结构调整、生产部门扩张和对外贸易水平的提高,有利于推动能源消费增长,而技术创新和环境规制强度能够抑制能源消费以及碳排放。

(3)城镇化对能源消费存在门槛效应,且在不同的门槛区间内,城镇化对能源消费的传导机制存在异质性。随着城镇化从低级阶段(低阈值区间)发展到更高级阶段(高阈值区间),在需求侧,人力资本集聚度对能源消费的负向效应更强,而在供给侧,对外贸易水平提高对能源消费的正向效应更强;总抚养比对能源消费的负向影响在长期是增强的,技术创新水平上升对能源消费的负向影响逐渐减弱;城镇化通过产业结构调整和劳动参与率提高在低、中级阶段存在对能源消费的推拉效应。

(4)中国与OECD国家城镇化影响能源消费的变化规律与主要特征既有相似之处,但也存在一定差异。在城镇化低级和中级阶段,与OECD国家相比,中国城镇化对能源消费的推拉效应受到很多因素的负向影响,产业结构调整、生产部门扩张、对外贸易水平提高成为拉动能源消费的主要力量,这主要是中国与OECD国家相比,经济发展与城镇化水平相对较低所致。在城镇化高级阶段,中国与OECD国家城镇化对能源消费的推拉效应及其传导

机制基本趋同,具有相似的变化规律与主要特征。

4.2 政策启示

基于以上结论,得到以下几点政策启示。

(1)加快产业结构优化升级,根据产业需求保持能源消费适度水平并减少碳排放。在不断加快的城镇化进程中,应大力促进产业结构优化升级,从而为减少能源消费以及碳排放提供生产端基础保证。一是通过新型城镇化、新型工业化和农业现代化促进城市经济集聚、工业规模扩张和城乡经济融合,进一步推动产业结构优化升级。二是在加快推进城镇化的同时,提高对外贸易和技术创新水平促进资本与技术集聚,进而推动制造业向先进制造业转型升级并带动现代服务业快速发展。三是利用好城镇化过程中产业优化升级的机遇,通过技术创新提高非碳能源和清洁能源消费比重,优化能源消费结构,进而促进能源消费适度、绿色和可持续增长。

(2)加快技术创新,促进能源消费结构转型升级。一是加快技术创新在近期应以碳达峰为目标,在中长期以碳中和为导向,加大政府财政对技术创新的支持力度,提高能源与环境领域的自主技术创新能力。二是制定经济激励政策鼓励国内企业与国外绿色低碳高新技术企业合作,积极推动能源革命,加快能源技术创新,促进能源消费从传统的化石能源向低碳、非碳和可再生能源转换,减少化石能源消费。三是通过稳定产业链与供应链以及技术溢出效应,加快国内生产端和消费端能源消费模式转变,提高能源利用效率,保持能源消费适度增长并逐步减少碳排放。

(3)转变经济增长方式,促进经济发展、社会结构、能源使用和生态环境协调均衡发展。一是以“双碳”目标为靶向,加快经济发展模式转变,从过度依靠资源与能源投入的经济增长模式向资源与能源节约及可持续发展的经济增长模式转变,提高经济发展的社会、生态和环境等方面的长期效益。二是在转变经济增长方式的同时,建立与之相协调的社会结构、能源结构和生态环境。三是加快新型城镇化建设,促进产业优化升级和城乡经济社会融合,扩大城镇就业和提高人力资本集聚度,进而实现经济社会长期稳态均衡及可持续发展。

参考文献(References):

- [1] Jones D W. How urbanization affects energy-use in developing

- countries[J]. *Energy Policy*, 1991, 19(7): 621–630.
- [2] Bakirtas T, Akpolat A G. The relationship between energy consumption, urbanization, and economic growth in new emerging-market countries[J]. *Energy*, 2018, 147: 110–121.
- [3] Chen H, Tackie E A, Ahakwa I, et al. Does energy consumption, economic growth, urbanization, and population growth influence carbon emissions in the BRICS? Evidence from panel models robust to cross-sectional dependence and slope heterogeneity[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, DOI: 10.1007/s11356-021-17671-4.
- [4] Fan J L, Zhang Y J, Wang B. The impact of urbanization on residential energy consumption in China: An aggregated and disaggregated analysis[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 75: 220–233.
- [5] Khuong P M, McKenna R, Fichtner W. Multi-level decomposition of ASEAN urbanization effects on energy[J]. *International Journal of Energy Sector Management*, 2019, DOI: 10.1108/IJESM-12-2018-0002.
- [6] Chen S, Ding R, Li B. Can urban-rural integration decrease energy intensity? Empirical study based on China's inter-provincial data[J]. *Problemy Ekorozwoju*, 2018, 13(1): 49–58.
- [7] 汪小英, 王宜龙, 沈镭, 等. 信息化对中国能源强度的空间效应: 基于空间杜宾误差模型[J]. *资源科学*, 2021, 43(9): 1752–1763. [Wang X Y, Wang Y L, Shen L, et al. Spatial effect of informatization on China's energy intensity: Based on spatial Durbin error model[J]. *Resources Science*, 2021, 43(9): 1752–1763.]
- [8] 沈可, 史倩. 人口结构与家庭规模对生活能源消费的影响: 基于中国省级面板数据的实证研究[J]. *人口研究*, 2018, 42(6): 100–110. [Shen K, Shi Q. The impacts of population structure and household size on residential energy consumption: Evidences based on provincial-level panel data[J]. *Population Research*, 2018, 42(6): 100–110.]
- [9] 胡东兰, 申颖, 刘自敏. 中国城市能源回弹效应的时空演变与形成机制研究[J]. *中国软科学*, 2019, (11): 96–108. [Hu D L, Shen H, Liu Z M. Study on the spatial-temporal evolution and formation mechanism of energy rebound effect in Chinese cities[J]. *China Soft Science Magazine*, 2019, (11): 96–108.]
- [10] Lin B Q, Zhu J P. Energy and carbon intensity in China during the urbanization and industrialization process: A panel VAR approach [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, DOI:10.1016/j.jclepro.2017.09.013.
- [11] 曹翔, 高瑀, 刘子琪. 农村人口城镇化对居民生活能源消费碳排放的影响分析[J]. *中国农村经济*, 2021, (10): 64–83. [Cao X, Gao Y, Liu Z Q. The impact of urbanization of rural residents on carbon emissions from household energy consumption[J]. *Chinese Rural Economy*, 2021, (10): 64–83.]
- [12] 严翔, 成长春, 贾亦真. 中国城镇化进程中产业、空间、人口对能源消费的影响分解[J]. *资源科学*, 2018, 40(1): 216–225. [Yan X, Cheng C C, Jia Y Z. Effect decomposition of industry, space and population on energy consumption during Chinese urbanization[J]. *Resources Science*, 2018, 40(1): 216–225.]
- [13] 马晓微, 石秀庆, 王颖慧, 等. 中国产业结构变化对能源强度的影响[J]. *资源科学*, 2017, 39(12): 2299–2309. [Ma X W, Shi X Q, Wang Y H, et al. Impacts of industrial structural change on energy intensity in China[J]. *Resources Science*, 2017, 39(12): 2299–2309.]
- [14] 邹璇, 王盼. 产业结构调整与能源消费结构优化[J]. *软科学*, 2019, 33(5): 11–16. [Zou X, Wang P. Study on the mechanism of industrial structure adjustment on the optimization of energy consumption structure[J]. *Soft Science*, 2019, 33(5): 11–16.]
- [15] 韩君, 张慧楠. 中国经济高质量发展背景下区域能源消费的测度[J]. *数量经济技术经济研究*, 2019, 36(7): 42–61. [Han J, Zhang H N. Measurement of regional energy consumption under the background of economic high-quality development in China [J]. *The Journal of Quantitative and Technical Economics*, 2019, 36(7): 42–61.]
- [16] 张三峰, 魏下海. 信息与通信技术是否降低了企业能源消耗: 来自中国制造业企业调查数据的证据[J]. *中国工业经济*, 2019, (2): 155–173. [Zhang S F, Wei X H. Does information and communication technology reduce enterprise's energy consumption: Evidence from Chinese manufacturing enterprises survey[J]. *China Industrial Economics*, 2019, (2): 155–173.]
- [17] 张士强, 孟璐莎, 李跃. 能源产能空间集聚对区域能源效率的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(5): 58–66. [Zhang S Q, Meng L S, Li Y. Impact of spatial agglomeration of energy production capacity on regional energy efficiency[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(5): 58–66.]
- [18] 周彦楠, 何则, 马丽, 等. 中国能源消费结构地域分布的时空分异及影响因素[J]. *资源科学*, 2017, 39(12): 2247–2257. [Zhou Y N, He Z, Ma L, et al. Spatial and temporal differentiation of China's provincial scale energy consumption structure[J]. *Resources Science*, 2017, 39(12): 2247–2257.]
- [19] 邵帅, 张可, 豆建民. 经济集聚的节能减排效应: 理论与中国经验[J]. *管理世界*, 2019, 35(1): 36–60. [Shao S, Zhang K, Dou J M. Effects of economic agglomeration on energy saving and emission reduction: Theory and empirical evidence from China[J]. *Management World*, 2019, 35(1): 36–60.]
- [20] 张雪峰, 宋鸽, 闫勇. 城市低碳交通体系对能源消费结构的影响研究: 来自中国十四个城市的面板数据经验[J]. *中国管理科学*, 2020, 28(12): 173–183. [Zhang X F, Song G, Yan Y. The impact of urban low-carbon transportation system on the improvement of the structure of energy consumption: Evidence from 14 cities in China[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2020, 28 (12): 173–183.]
- [21] 段龙龙. 新型城镇化与乡村振兴协同发展路径: 逆城镇化视角[J]. *现代经济探讨*, 2021, (5): 10–16. [Duan L L. Study on the coordinated development path of new urbanization and rural revitalization: From the perspective of “counter urbanization”[J]. *Modern Economic Research*, 2021, (5): 10–16.]

Push–pull effect of urbanization on energy consumption and its influencing factors: An empirical test with threshold effect model

LIU Qingrui¹, TANG Lu²

(1. College of Economics, Liaoning University, Shenyang 110136, China; 2. College of Public Administration, Liaoning University, Shenyang 110136, China)

Abstract: In the process of urbanization, energy consumption and carbon emissions are becoming increasingly more prominent. Coordinating the relationship between urbanization and energy consumption and controlling the reasonable growth of energy consumption while accelerating the process of urbanization is of great practical significance for China to continue to promote the construction of ecological civilization and achieve green and sustainable development. Based on the provincial panel data from 2005 to 2019, using the system generalized moment estimation method (SYS-GMM) and threshold effect model to analyze the push-pull effect of urbanization on energy consumption and its influencing factors from the demand side and supply side respectively, and analyzes the change rule and transmission mechanism of urbanization's influence on energy consumption in different stages. The results show that: (1) Urbanization has a push-pull effect on energy consumption, and the overall push-pull effect decreases with the urbanization level from low to high; (2) The main transmission mechanism of urbanization on energy consumption is as follows: On the demand side, the increase of labor force participation rate can stimulate energy consumption, while the increase of human capital agglomeration and total dependency ratio inhibit energy consumption. On the supply side, the adjustment of industrial structure promotes energy consumption, and the improvement of technological innovation level and environmental regulation intensity inhibit energy consumption; (3) Urbanization has a threshold effect on energy consumption, and the transmission mechanism is heterogeneous in different threshold intervals; (4) According to the empirical comparison between China and the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) countries, it is found that the push-pull effect of urbanization on energy consumption is different in the middle and low stages of urbanization, and convergence in the high stage of urbanization. China's energy consumption pressure mainly comes from the unreasonable industrial structure, the improvement of foreign trade level and the imperfect environmental regulation policies. The key points of future policies are: accelerating the optimization and upgrading of industrial structure; vigorously promote the high-quality development of foreign trade; strengthen the construction of energy science and technology innovation capacity; improve the government's environmental regulation policies.

Key words: urbanization; energy consumption; push-pull effect; threshold effect; conduction mechanism; China; OECD countries