

# 城市收缩对能源效率的影响及作用机制

王念 朱英明<sup>1</sup>

**【摘要】:** 在探讨城市收缩对能源效率的影响机理和路径机制的基础上,利用 2005–2016 年中国 279 个地级市面板数据,测度了城市收缩对能源效率的影响,并运用中介效应模型识别了传导机制。结果显示,城市收缩显著降低了能源效率水平,收缩城市面临人口流失和能源效率下降的双重压力,技术创新能力和城市紧凑度是城市收缩影响能源效率的主要路径,城市收缩通过降低技术创新能力和城市紧凑度进一步对能源效率产生抑制作用。为此,可从促进创新能力可持续发展、优化城市人口空间分布等角度改进收缩城市的能源效率。

**【关键词】:** 城市收缩 技术创新能力 城市紧凑度 中介效应

**【中图分类号】:** F299.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1009-2382(2021)01-0088-08

## 一、引言

城市收缩的概念最早由学者 Häußermann 和 Siebel (1988) 提出,用于表述城市人口持续流失的现象。此后,大量国外学者就德国、美国、日本等发达国家的城市收缩问题展开分析 (Beauregard, 2009; Wiechmann 和 Pallagst, 2012; Martinez-Fernandez et al., 2016; Jakar 和 Dunn, 2019)。城市收缩现象并非发达国家的特例。由于自然资源禀赋、经济发展水平、地区政策等差异,不同城市对人口和产业的吸引力不尽相同,造成了中国城市规模发展速度各异。伴随着城镇化进程加快以及全球化等外部环境的冲击,城市间的规模差距逐步扩大,20 世纪初城市收缩现象在东北和中部的一些城市蔓延 (刘玉博等, 2017),呈现出城市扩张与收缩并存的特征。2019 年国家发展改革委印发的《2019 年新型城镇化建设重点任务》中首次提出了“收缩型中小城市”的概念,意味着城市收缩成为中国未来城市建设的热点问题。

目前国内外相关研究主要集中在对城市收缩的识别以及对其驱动因素的分析方面。已有文献主要从人口流失层面对城市收缩进行识别 (Turok 和 Mykhnenko, 2007; Hoekveld, 2012),也有研究将城市收缩的内涵拓展至经济规模 (He 等, 2017)、劳动力与就业 (吴康等, 2015)、财政收支 (林雄斌等, 2017)、社会稳定 (Martinez-Fernandez, 2012) 等尺度。现有研究关于城市收缩的界定尚未形成统一论,如 Jakar 和 Dunn (2019) 的研究显示,城市收缩与经济下滑并不存在必然联系;张伟等 (2019) 也指出,过多指标容易淡化其核心特征,引起概念分歧。目前学界比较认可的是收缩城市国际研究网络 (SCiRN) 提出的定义,即“人口规模在 1 万以上人口密集的城市区域,面临人口流失超过两年,并经历结构性经济危机的现象”。不少学者就城市收缩的动因进行剖析,大致可分为经济、人口和气候三个方面。经济因素主要涵盖郊区化和去工业化 (Großmann 等, 2013)、经济发展水平 (Zhang 等, 2019)、国际分工与经济全球化 (Martinez-Fernandez 和 Audirac, 2012)、基础设施 (Deng 等, 2019) 等方面。人口因素则包括老龄化、人口迁出、出生和死亡等方面 (Bernt, 2009; 张学良等, 2018)。Khavarian-Garmsir 等 (2019) 的研究表明,气候与生态环境恶化也是城市收缩的原因之一。同时,亦有少部分学者就城市收缩的影响展开分析,如刘玉博等 (2017)、温佳楠和宋迎昌 (2020) 关注城市收缩对生产率的影响,发现城市收缩对生产率具有抑制作用。就本文所关注的环境效应方面,有学者发现美国“锈带”地区的许多收缩城市具有更高的植被覆盖率 (Schwarz 等, 2018),但主要是由于城市空置产生的杂草导致的,而非城市环境质量的提升。Xiao 等 (2019) 比较了中国 55 个扩张与收缩城市的碳排放模式,发现扩张城市的碳排放于 2011–2013 年达到顶峰,而收缩城市的碳排放呈持续增长态势。类似地, Liu 等 (2020) 也指出收缩城市与碳排放水平呈显著的正相关。

**作者简介:** 王念,南京理工大学经济管理学院博士生,广西财经学院讲师;

朱英明,南京理工大学经济管理学院教授、博士生导师(南京 210094)。

**基金项目:** 国家社会科学基金项目“推进长三角更高质量一体化发展研究”(编号:20BJL106);广西哲学社会科学规划青年课题“基于区域创新系统的广西优势产业集群培育与升级研究”(编号:18CJY002)

已有研究表明,不同国家或地区城市收缩的动因和发生机制等具有强异质性(吴康等,2015),因此有必要对其演变规律、驱动因素、影响及路径机制进行系统分析。现有研究分别从不同维度对城市收缩的时空分布演变及动因展开分析,但对其影响的探讨尚不多见。目前对城市收缩问题的影响研究主要关注城市收缩引致的社会经济效应,对由此引发的能源利用以及生态环境变化关注较少。已有文献关于城市能源效率的影响研究大多从城市扩张背景下的规模效应和集聚效应层面切入,缺乏对收缩情境下城市能源效率影响机制的分析。尽管 Xiao 等(2019)和 Liu 等(2020)的研究涉及了收缩城市的碳排放模式,但并未深入剖析收缩城市对能源效率的影响及机制。从研究方法来看,已有研究以区域对比分析和案例分析为主,鲜见基于连续、大样本的定量分析,难以对城市收缩的环境效应提供科学的经验证据。

党的十九届四中全会明确指出要坚持和完善生态文明制度体系。城市收缩所引致的人口和经济活动的空间分布变化与地区能源利用情况密切相关,而能源效率的变化将进一步对城市生态文明建设和可持续发展产生影响。当前,城市收缩已成为城市发展过程中不可忽视的现象,因此在收缩情境下探讨城市能源效率的影响及作用机制具有重要的现实意义。基于此,本文以2005-2016年279个地级市为研究对象,探索城市收缩对城市能源效率的影响,并利用中介效应模型识别城市收缩影响能源效率的作用机制,以期对现有研究进行拓展。

## 二、理论分析与机制探讨

虽然已有文献从各种维度对城市收缩进行界定,但不可否认人口流失是城市收缩的核心特征(Grossmann 等,2013),其变动必然会对能源利用造成直接影响。单位产出能耗是已有文献中衡量能源效率的主要方法之一(邵帅等,2019),因此本文从能源消耗节约效应与经济产出抑制效应两方面对城市收缩影响能源效率的直接路径进行解释。具体而言,随着城市人口数量减少,水、电、燃气等与居民生活密切相关的能源消耗将直接降低(März 等,2013)。学者在对北美和欧洲的收缩城市进行分析时也发现城市收缩与能源消耗降低具有直接关联(Schilling 和 Logan,2008)。与此同时,人口外流往往伴随着劳动力减少,继而影响经济水平。一方面,收缩城市的经济总量下降会降低收入水平,进而减少生产生活所需的能源消耗(Liu 等,2020);另一方面,当经济产出的下降幅度大于能源消耗时,单位产出能耗将会下降,即能源效率降低。因此,城市收缩能够直接影响能源效率,而具体方向则取决于其对能源消耗与经济产出的影响之间的比较。因此,本文提出假说1:

假说1:城市收缩能够直接对能源效率产生影响。

除此之外,城市收缩还通过降低技术创新能力和紧凑度等途径抑制地区能源效率的提升。从技术创新能力来看,一方面,人口数量与人力资本水平相辅相成。有研究指出,人口外流与人力资本水平显著相关(杨玲和张新平,2016)。一般来说,劳动力倾向于往经济活跃的地区集聚,而具有较高教育水平和技能的劳动力通常具有更高的“用脚投票”权力(Tiebout,1956),故收缩城市的人口外迁将直接损害人力资本水平,并恶化劳动力结构。高技术人才的流失将阻碍企业科技研发活动的开展和技术创新能力的提升,从而不利于企业改进生产工艺与实施节能技术,进而抑制能源效率的提高。另一方面,根据集聚经济理论(Glaeser 和 Kahn,2010),人口与经济的空间集聚有助于资源共享和知识溢出等效应的凸显。收缩城市的劳动力要素流失和经济密度降低不利于形成集聚和规模经济,因而难以发挥知识的学习、匹配和共享效应(Duranton 和 Puga,2004)。企业难以从外部集聚经济中获取先进的清洁生产技术与管理经验,创新乏力(Wang 等,2020),继而降低能源效率水平。

就城市紧凑度而言,紧凑城市理论认为,更高的城市紧凑度有利于能源、交通、环境污染处理等设施的共享以及集中环境监管,更有助于发挥能源效率的优势(Burton,2000)。收缩城市中人口的持续减少降低了城市人口和经济活动密度,导致人口与经济活动布局分散化。特别是当前中国不少城市存在人口收缩与空间扩张并存现状(杨东峰等,2015),城市收缩将进一步加剧城市的空置,降低城市紧凑度,从而对能源效率起抑制作用。具体来说,虽然人口降低会减少部分能耗,但城市的管道、电网和供暖等大型基础设施的运营和维护成本并不会因此下降。同时,由于大部分城市的基础设施是按照扩张型城市进行布局 and 设计的(Moss,2008),城市紧凑度下降不仅会造成能源产能过剩,还会增加基础设施运营与维护的难度,从而导致低效率。特别是中国收缩城市主要集中在东北地区(刘玉博等,2017),这些城市在冬季供暖需要消耗大量能源,而城市紧凑度下降会弱化供暖设施的共

享优势,进而损害能源利用效率。此外,相对于人口扩张城市的紧凑分布,收缩城市的城市人口和经济活动分散化可能会加剧就业和住房分布不平衡现象,从而延长员工通勤时间(Liu等,2020),导致交通能源消耗的增加。基于上述分析,本文提出假说2和假说3:

假说2:城市收缩通过降低技术创新能力抑制能源效率;

假说3:城市收缩通过降低城市紧凑度抑制能源效率。

城市收缩影响能源效率的路径如图1所示。

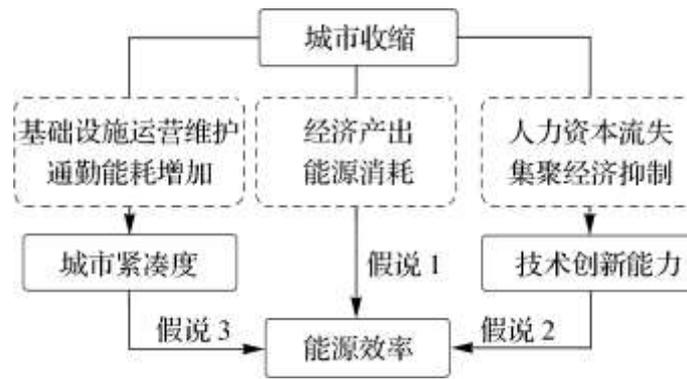


图1 城市收缩影响能源效率的路径

### 三、研究设计

#### 1. 模型设定

基于上述讨论,本文构建如下计量模型检验城市收缩对能源效率的影响:

$$\ln EE_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Shrink_{it-1} + \beta_2 \ln X_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中,  $i$  和  $t$  分别表示中国 279 个地级市截面单位和相应年份;被解释变量  $EE$  为能源效率;  $Shrink$  代表核心解释变量城市收缩;  $X$  为一组控制变量;  $\beta$  表示待估参数;  $\epsilon$  为随机扰动项。

为检验假说2和假说3中城市收缩通过技术创新能力与城市紧凑度的渠道对能源效率的影响机制,本文构建如下中介效应模型:

$$\ln EE_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 Shrink_{it-1} + \lambda_2 M_{it} + \lambda_3 X_{it} + \zeta_{it} \quad (2)$$

$$\ln M_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln Shrink_{it-1} + \gamma_2 \ln X_{it} + v_{it} \quad (3)$$

其中,  $M$  表示中介变量;  $\zeta$  和  $v$  均表示随机误差项;其他变量符号与前文相同。

本文采用逐步检验法对城市收缩是否通过技术创新能力与城市紧凑度的中介渠道影响能源效率进行验证。首先检验式(1)中系数  $\beta_1$  的显著性,若显著,则依次检验式(3)中系数  $\gamma_1$  和式(2)中系数  $\lambda_2$  是否显著,若二者均显著,则表明存在中介效应。最后检验式(2)中系数  $\lambda_1$  是否显著,若显著,则说明存在部分中介效应;反之则存在完全中介效应。

## 2. 变量选取与数据来源

本文的样本为 2005-2016 年中国 279 个地级及以上城市。其中技术创新数据取自历年《中国城市和产业创新力报告》(寇宗来和刘学悦, 2017);气象数据来自欧洲中期天气预报中心和中国科学院资源环境科学数据中心;其他数据来源于《中国城市统计年鉴》《能源统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》以及各省市统计年鉴。货币价值数据均按照 2005 年不变价进行平减,缺失数据采用线性插值法补齐。具体变量测度如下。

### (1) 被解释变量:

能源效率(EE)。由于公开数据中并无城市层面的能源消耗数据,本文参考任亚运和张广来(2020)的做法,利用各市电力、天然气、液化石油气的数据对能耗进行折算,再结合国内生产总值(GDP)构建能源效率指标,具体如下:

$$EE = \frac{GDP}{ele \cdot a + cg \cdot b + lpg \cdot c} \quad (4)$$

其中,ele、cg 和 lpg 分别代表用电量、煤气供气总量和液化石油气供气总量;a、b 和 c 分别表示煤电发电比、煤气折标煤系数以及液化石油气折标煤系数。EE 数值越大,表示单位 GDP 的能耗越低,即能源效率越高。

### (2) 核心解释变量:

城市收缩度(Shrink)。该指标的测度借鉴了 Murdoch(2018)的思路,具体如下:

$$Shrink_{it} = -\ln\left(\frac{pop_{it}}{pop_{it_0}}\right) \quad (5)$$

其中,pop 表示市辖区年末户籍人口数量, $t_0$ 为基期年份,此处设为 2004 年。式中引入了负号,即当人口迁出  $\left(\frac{pop_{it}}{pop_{it_0}} < 1\right)$  时,城市出现收缩现象( $Shrink_{it} > 0$ );人口迁出数量越多,收缩度指标越大,意味着城市收缩度越高。

分地区来看,如图 2 所示,以 2016 年数据为例,东北地区的城市收缩度最高,能源效率最低,表明东北地区的城市收缩现象最为严重,与已有研究结论一致(孙青等, 2019)。中部和西部地区收缩情况相似,但西部地区的能源效率更高,可能与西部地区经济总量和产业结构有关。东部地区的城市收缩度最低,表明大多数东部城市仍处于快速扩张阶段。

收缩度排名前十的城市分别为随州市、武汉市、荆门市、鸡西市、鹤岗市、固原市、西宁市、绥化市、巴彦淖尔市和佳木斯市,其中有 5 个城市来自东北地区,3 个来自中部地区,2 个来自西部地区,再次印证前文观点。

此外,本文的模型可能面临双向因果关系所引致的内生性问题的挑战。一方面,城市收缩通过影响人口结构、分布以及企业生产和创新行为等途径对能源效率产生影响;另一方面,城市能源利用率变化也可能通过影响环境质量、政府规制等路径对城市

收缩产生反馈影响。为此,本文参考温佳楠和宋迎昌(2020)的做法,以人口自然增长率作为城市收缩的工具变量(IV),采用两阶段最小二乘法(2SLS)对模型进行估计,以增加结果的稳健性。人口自然增长率是城市出生人口与死亡人口之间的比较,与城市人口规模密切相关,但不直接对城市能源效率产生影响。因而选取该指标作为工具变量是可行的。

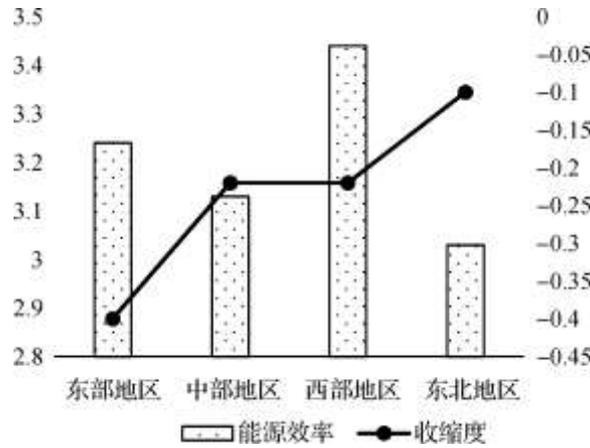


图 2 分地区城市收缩度与能源效率情况

(3) 中介变量。

根据前述分析,本文的中介变量分别为技术创新水平(TECH)和城市紧凑度(COMP)。考虑数据可得性,技术创新水平采用复旦大学产业发展研究中心公布的中国城市创新指数(寇宗来和刘学悦,2017)表征。同时,本文借鉴韩刚和袁家冬(2017)的方法,选取人口数量与城市建成区面积之比反映城市紧凑度,该指标数值越大表明城市人口分布越紧凑。

(4) 控制变量。

参考已有研究,选取如下 9 个指标作为控制变量。产业结构(STR),采用第三产业与第二产业的增加值之比表征。收入规模(AGDP),以 2005 年不变价格的人均 GDP 表示。金融水平(FIN)和财政支出(FIS),分别采用年末金融机构各项贷款余额和财政收入占 GDP 比重表征。基础设施规模(INF),采用人均城市道路面积表示。外商投资水平(FDI),采用永续盘存法计算的外商直接投资存量衡量,折旧率设为 5%。环境规制(VC),选取空气流通系数作为代理变量。对全球 10 米高度风速(si10)和边界层高度(blh)的网格数据进行处理后与中国地级市矢量图进行匹配得到。当空气污染物排放相同时,空气流通系数低的地区的环境规制会更严格(杜龙政等,2019),因此本文将该指标取倒数,数值越大表明环境规制强度越高。植被覆盖率(NDVI),采用中国科学院资源环境科学数据中心的年度植被指数空间分布数据集与中国地级市矢量图匹配而得。年均降水量(PRE),采用中国科学院资源环境科学数据中心的逐年降水量数据集与中国地级市矢量图匹配得到。

各变量的描述性统计如表 1 所示。

表 1 变量描述性统计

变量	变量名称	均值	标准差	最小值	最大值	样本数
EE	能源效率	3.34	0.59	-0.10	5.60	3348
Shrink	城市收缩度	-0.12	0.22	-1.58	1.30	3348

COMP	城市紧凑度	0.25	0.51	-4.65	2.75	3348
TECH	技术创新	-0.06	1.87	-5.27	6.97	3348
STR	产业结构	-0.16	0.52	-2.36	1.62	3348
AGDP	收入规模	0.75	0.67	-1.33	3.3	3348
FIN	金融水平	-0.02	0.52	-3.15	2.19	3348
FIS	财政支出	-2.01	0.48	-4.19	0.99	3348
FDI	外商投资水平	10.78	2.53	0.00	16.39	3348
INF	基础设施规模	2.21	0.62	-4.00	4.69	3348
VC	环境规制	9.43	0.13	9.16	10.01	3348
NDVI	植被覆盖率	0.72	0.13	0.10	0.89	3348
PRE	年均降水量	9.09	0.6	6.76	10.25	3348

## 四、实证分析

### 1. 基准回归

报告了基准模型的回归估计结果。模型(1)–(3)为面板回归模型估计结果,根据 Hausman 检验,采用固定效应面板模型进行估计。模型(3)为个体和时间双固定效应模型,在控制了一系列其他变量后,城市收缩的系数在 1%的统计水平上显著为负,说明城市收缩对能源效率具有明显的负向作用,与 Liu 等(2020)的结果一致,假说 1 得到验证。城市收缩度每提升 10%,能源效率下降约 2.587 个百分点,表明城市收缩对经济产出的抑制效应要大于能源消耗的节约效应,从而导致能源效率下降。现阶段劳动力仍是中国经济增长的主要动力,劳动力外迁将直接对本地经济发展造成冲击,而经济发展停滞又会进一步降低城市的人口吸引力,形成恶性循环,不利于能源效率的持续改进。因此,相对于能耗节约效应来说,人口流失引致的经济产出抑制效应更为凸显。模型(4)为 2SLS 回归结果,在控制了一系列其他变量后,城市收缩与能源效率呈现出显著的负相关关系,证明模型结果具有良好的稳健性。

就控制变量而言,模型(3)中产业结构的系数显著为负,与 Xiao(2019)的结果一致,主要是服务业增长导致了更多消费性能源消耗所致。收入规模对能源效率具有显著的正向影响,可能的原因是随着收入水平提升,居民对环境质量的要求提高,从而推动企业采用节能生产设备,改进能源效率。金融水平、外商投资水平与能源效率呈显著的负相关,表明金融市场化与全球化的冲击给企业改进生产技术带来挑战,同时,外商投资规模的扩大可能引致“污染避难所”效应(张友国,2015),继而降低能源效率。环境规制的系数显著为负,表明较高的环境规制强度挤占了企业进行清洁生产技术研发的成本(Wang 等,2020),从而抑制能源效率的提高。财政支出的系数为负但不显著,说明财政支出可能在一定程度上扭曲能源利用,从而对其造成一定的负向影响。基础设施规模的系数为负,可能的原因是交通设施的完善有助于促进经济活动的增加,在此过程中会加大能源消耗。植被覆盖率和年均降水量的系数为正,其中植被覆盖率的系数在 5%的统计水平上显著,表明环境气候因素会对能源效率产生一定影响(Khavarian-Garmsir 等,2019)。

### 2. 稳健性检验

为进一步验证上述结果的稳健性,本文通过以下方法进行稳健性检验。为排除潜在极端值的影响,剔除北京、天津、上海、

重庆 4 个直辖市后对样本进行回归。以全市范围的人口变动数据测算收缩度, 替换市辖区收缩度指标后进行回归。利用两次人口普查(2000 年、2010 年)的城市常住人口数据定义收缩城市, 结合年份构建收缩度指数, 替换市辖区收缩度指标后进行回归。以 2009 年全球金融危机为分界, 将样本拆分为两部分, 分别进行回归。

稳健性检验表明<sup>1</sup>: 剔除直辖市样本后, 城市收缩的估计系数在 1%的水平上显著为负, 表明城市收缩显著抑制了能源效率的提升, 说明基础回归结果具有较强的稳健性。以全市数据测算的城市收缩度依然对能源效率具有显著的负向影响, 但影响的大小和显著性都低于市辖区。可能的原因是全市层面人口总量减少的度量方式无法准确反映快速城镇化进程中人口空间结构的变化(刘玉博等, 2017)。换句话说, 全市人口流失并不必然意味着城市核心区域的人口流失, 而市辖区是城市经济活动的核心区域, 是真正意义上的实体城市, 以市辖区为尺度能够更精准地刻画城市收缩现象。以常住人口数据构建的收缩度指标回归结果也表明, 城市收缩对能源效率具有显著的负向影响。2009 年以前城市收缩对能源效率的影响为负, 但没有通过显著性检验; 2009 年之后, 城市收缩与能源效率的提升呈显著负相关。这表明城市收缩对能源效率的影响随着时间的推移不断增强, 同时也侧面反映了全球化经济、全球金融流动等因素加剧了城市收缩对能源效率的抑制作用(吴康等, 2015)。

### 3. 影响机制检验

根据前文论述, 城市收缩可能通过技术创新能力和城市紧凑度两种渠道对能源效率产生影响。本文基于式(1)-(3)的中介效应检验模型对该机制进行识别。估计结果已表明未包含中介变量的情况下城市收缩对能源效率具有显著影响, 主要报告基于式(2)和式(3)的估计结果, 其中模型(1)-(3)与式(2)相对应, 模型(4)和(5)与式(3)相对应。

模型(1)的结果显示, 技术创新能力对能源效率的影响在 1%的统计水平上显著为正, 表明提高技术创新能力有助于能源效率提升。更高的技术创新能力意味着企业更易享受知识学习、共享和匹配等溢出效应并开展清洁生产技术研发活动, 从而改进能源效率。模型(2)中城市紧凑度的系数显著为正, 说明城市紧凑度对能源效率具有正向推动作用, 与紧凑城市理论的观点相符。模型(3)同时包含了技术创新能力与城市紧凑度两个变量, 二者均对能源效率具有显著的正向影响, 表明这一结果具有稳健性。现阶段中国城市依然可以通过发挥集聚经济的正外部性(邵帅等, 2019)实现节能目标, 人口和经济活动在城市核心区域的集中分布能够带来更高的节能效应。模型(1)-(3)中, 城市收缩的系数在 1%的统计水平上显著为负, 表明城市收缩对能源效率具有显著的负向影响, 假说 1 再次得到印证。同时, 模型(3)中城市收缩系数的绝对值要大于模型(1)-(3)中包含中介变量的估计系数, 符合中介效应的判别要求。

模型(4)和(5)中, 将技术创新能力和城市紧凑度视为中介变量时, 城市收缩的系数均显著为负。城市收缩度每增加 10%, 技术创新能力和城市紧凑度分别下降约 2.304 和 2.213 个百分点, 说明城市收缩度显著降低了技术创新能力和城市紧凑水平。上述结果符合中介变量的判断标准, 因此可以判定技术创新能力和城市紧凑度是城市收缩影响能源效率的中介变量, 假说 2 和假说 3 得到支持。城市收缩不仅对能源效率存在直接效应, 还通过技术创新能力和城市紧凑度的路径对能源效率产生影响。具体而言, 当前中国城市收缩加剧会抑制技术创新能力提高, 并降低城市紧凑度, 而技术创新能力和城市紧凑度下降又将进一步损害能源效率, 即城市收缩通过技术创新能力和城市紧凑度的中介作用显著抑制能源效率。

## 五、结论与启示

近年来, 城市收缩现象开始在中国一些城市蔓延, 引发了学界关注。探索城市收缩所引致的能源环境变化问题, 并分析其路径和机理, 对收缩城市的生态文明建设及可持续发展具有重要意义。本文从集聚经济和城市紧凑度理论视角切入, 剖析城市收缩影响能源效率的机制。在此基础上, 以 2005-2016 年中国 279 个地级市面板数据为研究样本, 实证检验了城市收缩对能源效率的影响, 并识别了技术创新能力和城市紧凑度的中介机制。研究结果表明, 城市收缩显著降低了能源效率水平。中介效应模型结果表明, 技术创新能力和城市紧凑度是城市收缩影响能源效率的中介变量, 城市收缩通过降低技术创新能力和城市紧凑度进一步对能源效率产生抑制作用。本文的研究结论具有如下政策启示。

---

第一,城市收缩对能源效率具有显著的抑制作用,意味着收缩城市面临人口流失和能源效率下降的双重压力。因此,探究城市收缩的客观事实,不仅要关注其经济维度的变化,更要从能源利用的视角出发寻求应对策略。对于呈现明显收缩趋势的城市,一方面应改善能源结构,降低煤炭资源消耗,提高清洁可再生能源的比重,如在北方地区推进清洁供暖,通过推广地热能开发和利用、电厂的余热取暖和热能利用等方式降低煤炭消耗。另一方面,适当对其基础设施布局进行优化,探索收缩情境下基础设施运作管理模式,提高基础设施运营效率,扩大城市收缩的能耗节约效应,以减缓城市收缩对能源效率带来的损害。

第二,重视收缩城市创新能力的可持续发展。一方面,努力扩大人力资本存量,加强基础教育、高等教育的投入,为本地建设培养高素质人才。同时,结合本地区发展的人才需求制定相应人才引进措施,吸引高技能劳动力流入,减缓本地劳动力流失。另一方面,加强与周边地区的产业链协作,挖掘产业合作新模式,搭建产业交流协作平台,吸引周边发达城市的龙头企业在本地布局产业链和设厂,充分发挥集聚经济的资源配置和知识溢出效应,从中学习先进的管理经验和生产技术,在为城市创新注入活力的同时,创造更多吸纳高技能人才的就业岗位。

第三,优化城市人口的空间分布,提升城市紧凑度。一方面,以新型城镇化为契机,放宽人口流动及落户限制,引导本地农村劳动力向城市中心流动,有序推进农业转移人口市民化,从而有效发挥城市核心区域的集聚效应和各类基础设施的共享优势,提高能源利用率和资源配置效率。另一方面,对城市空间扩张进行合理调控,防止城市人口的进一步分散化,树立“精明增长”“紧凑城市”理念,整合城市空间资源要素,优化城市发展空间,促进城市效率提升。

#### 参考文献:

- [1]. Großmann, K., M. Bontje, and A. Haase, et al. Shrinking Cities: Notes for the Further Research Agenda. *Cities*, 2013, 35 (dec. ): 221-225.
- [2]. Hoekveld, J. Time-space Relations and the Differences between Shrinking Regions. *Built Environment*, 2012, 38 (2) : 179-195.
- [3]. Jakar, G. S., and J. R. Dunn. (Turning Rust into Gold?) Hamilton, Ontario and A Canadian Perspective of Shrinking and Declining Cities. *Cities*, 2019, 94 (11) : 1-10.
- [4]. Khavarian-Garmsir, A., A. Pourahmad, and H. Hataminejad, et al. Climate Change and Environmental Degradation and the Drivers of Migration in the Context of Shrinking Cities: A Case Study of Khuzestan Province, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 2019, 47: 101480.
- [5]. Liu, X., M. Wang, and W. Qiang, et al. Urban Form, Shrinking Cities, and Residential Carbon Emissions: Evidence from Chinese City-regions. *Applied Energy*, 2020, 261: 114409.
- [6]. Martinez-Fernandez, C., I. Audirac, and S. Fol, et al. Shrinking Cities: Urban Challenges of Globalization. *International Journal of Urban and Regional Research*, 2012, 36 (2) : 213-225.
- [7]. Moss, T. 'Cold Spots' of Urban Infrastructure: Shrinking Processes in Eastern Germany and the Modern Infrastructural Ideal. *International Journal of Urban and Regional Research*, 2008, 32 (2) : 436-451.
- [8]. Murdoch III, J. Specialized vs. Diversified: The Role of Neighborhood Economies in Shrinking Cities. *Cities*, 2018, 75: 30-37.

- 
- [9]. Schwarz, K., A. Berland, and D. Herrmann. Green, but Not Just? Rethinking Environmental Justice Indicators in Shrinking Cities. *Sustainable Cities and Society*, 2018, 41:816-821.
- [10]. Turok, I., and V. Mykhnenko. The Trajectories of European Cities, 1960-2005. *Cities*, 2007, 24:165-182.
- [11]. Wang, N., Y. Zhu, and T. Yang. The Impact of Transportation Infrastructure and Industrial Agglomeration on Energy Efficiency: Evidence from China's Industrial Sectors. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 244:118708.
- [12]. Wiechmann, T., and K. Pallagst. Urban Shrinkage in Germany and the USA: A Comparison of Transformation Patterns and Local Strategies. *International Journal of Urban and Regional Research*, 2012, 36(2):261-280.
- [13]. Xiao, H., Z. Duan, and Y. Zhou, et al. CO<sub>2</sub> Emission Patterns in Shrinking and Growing Cities: A Case Study of Northeast China and the Yangtze River Delta. *Applied Energy*, 2019, 251:113384.
- [14]. Zhang, Y., Y. Fu, and X. Kong, et al. Prefecture-level City Shrinkage on the Regional Dimension in China: Spatiotemporal Change and Internal Relations. *Sustainable Cities and Society*, 2019, 47:101490.
- [15]. 杜龙政、赵云辉、陶克涛等：《环境规制、治理转型对绿色竞争力提升的复合效应——基于中国工业的经验证据》，《经济研究》2019年第10期。
- [16]. 韩刚、袁家冬：《东北三省城市紧凑度分布特征与空间关联分析》，《地域研究与开发》2017年第2期。
- [17]. 林雄斌、杨家文等：《我国城市收缩测度与影响因素分析——基于人口与经济变化的视角》，《人文地理》2017年第1期。
- [18]. 刘玉博、张学良、吴万宗：《中国收缩城市存在生产率悖论吗——基于人口总量和分布的分析》，《经济学动态》2017年第1期。
- [19]. 任亚运、张广来：《城市创新能够驱散雾霾吗？——基于空间溢出视角的检验》，《中国人口·资源与环境》2020年第2期。
- [20]. 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》，《管理世界》2019年第1期。
- [21]. 孙青、张晓青、路广：《中国城市收缩的数量、速度和轨迹》，《城市问题》2019年第8期。
- [22]. 温佳楠、宋迎昌：《城市收缩对城市生产率的影响》，《现代经济探讨》2020年第4期。
- [23]. 吴康、龙瀛、杨宇：《京津冀与长江三角洲的局部收缩：格局、类型与影响因素识别》，《现代城市研究》2015年第9期。
- [24]. 寇宗来、刘学悦主编：《中国城市和产业创新力报告2017》，复旦大学、第一财经研究院2017年版。
- [25]. 杨玲、张新平：《人口年龄结构、人口迁移与东北经济增长》，《中国人口·资源与环境》2016年第9期。

---

[26]. 张伟、单芬芬、郑财贵等：《我国城市收缩的多维度识别及其驱动机制分析》，《城市发展研究》2019年第3期。

[27]. 张友国：《碳排放视角下的区域间贸易模式：污染避难所与要素禀赋》，《中国工业经济》2015年第8期。

**注释：**

1 限于篇幅，未列出稳健性检验结果，备索。