

# 城镇化水平与能源消费碳排放的关系探讨

——以山东省为例

戚晓红 公维凤 王传会

**摘要：**探究城镇化水平与能源消费碳排放的关系，考虑到人口数、富裕度和能源强度等因素也会对碳排放产生重要影响，因此将上述因素一并纳入修正的 STIRPAT 模型，借助岭回归分析法来降低模型的多重共线性，来探究 1996—2019 年山东省城镇化水平与能源消费碳排放的关系以及验证城镇化水平与能源消费碳排放之间是否存在倒 U 型曲线关系。研究发现，城镇化水平与能源消费碳排放之间存在一定程度的正相关，且城镇化水平与能源消费碳排放之间存在倒 U 型关系的结论。最后针对研究结论，结合当前山东省的城镇化发展给出了政策建议。

**关键词：**城镇化 碳排放 STIRPAT 模型 岭回归

## 一、引言

城镇化作为一个国家现代化的重要标志，在当前我国全面建成小康社会的决定性阶段，对于经济的转型升级和社会主义现代化建设发挥着关键作用。在这一背景下，山东省出台了《山东省新型城镇化规划（2014～2020年）》，规划内容主要围绕劳动力素质和城镇化政策的制定、处理好空间组织的“聚集和均衡的关系”、资源和生态环境倒逼城镇化发展模式的转型以及立足于社会发展多元化、多层次需求转变社会治理方式等方面展开。从中可以看出，城镇化的发展不仅受人口素质、地理空间位置和地区的经济状况的影响，还会受资源和生态环境的影响，即山东省城镇化的发展和经济的可持续发展和绿色发展之间有着密切的关系。

山东省作为一个能源消耗大省，加之其产业结构总体偏重，导致了其碳排放严重的现状。为了加快实现山东省经济的绿色低碳发展，山东省积极响应国家提出的“十三五”控制温室气体排放工作方案，相继出台了山东省低碳发展工作方案。方案指出到 2020 年，单位地区生产总值二氧化碳排放比 2015 年下降 20.5%；预计二氧化碳排在 2027 年左右达到峰值。因此为了尽早实现减排达峰的目标，围绕城镇化水平与能源消费碳排放之间的关系来展开研究，利用修正的 STIRPAT 模型分析其作用机理，并对山东省的城镇化建设如何带动低碳发展给出了相应的政策建议。

## 二、文献综述

环境问题历来是人们关注

的热点话题，经济高速发展需要消耗大量的能源，因此不可避免地造成了碳排放严重等问题。近些年来，世界城镇化水平与碳排放量基本保持一致的上升，从目前情况而言，两者还存在加速的态势。因此对于二者之间是否存在相关关系以及存在何种关系的讨论，国内外学者从不同的研究方法和区域的角度进行了研究。

基于 STIRPAT 模型，Qian Lv 等研究城镇化对我国货运碳排放的影响，发现城镇化水平对公路和航空运输碳排放有积极影响，对部分省份铁路和水路运输碳排放有显著的负面影响，但对邻近省份有积极影响；赵涛和张思聪研究了包括人口、经济等七种城镇化因素对碳排放的影响，并将中国分为了高度城镇化、发展中城镇化和城镇化相对落后的三大区域，发现服务业水平和人口等因素在不同的区域之间差异明

**基金项目：**国家自然科学基金项目（71804089），教育部人文社科基金项目（18YJCZH034）

显。基于投入产出分析的因子可逆结构分解方法, Zhen Wang 等研究城镇化和消费模式变化对家庭碳排放增量的影响, 发现城镇化和消费模式的变化会导致碳排放增加。

根据所研究区域的广度, 把城镇化与碳排放的相关研究中, Xiaoling Ouyang 等通过对中日两国城镇化阶段的影响因素进行了对比研究, 建立了 CO<sub>2</sub> 排放与 GDP、城镇化水平、能源强度和水泥生产等因素之间的长期均衡关系, 并基于格兰杰因果检验来探讨变量之间的因果关系; 赵红等运用协整和格兰杰因果检验方法, 实证分析了我国 1978—2010 年城镇化等因素与碳排放的关系, 发现不论是从长期还是短期来看, 城镇化对于碳排放都存在着负向影响, 且短期影响效果更为显著; 王锋等基于 2008—2014 年中国 30 个省份的面板数据从人口城镇化、土地城镇化、经济城镇化三个维度对碳排放及其影响因素进行研究, 得出了不同城镇化维度下, 各因素对碳排放的影响存在显著差异的结论。

综合之前研究的成果, 学者们采用了不同的研究方法对城镇化水平和碳排放之间的作用机理进行了研究分析, 但由于选取的研究方法和研究维度的不同, 并未得出一致的结论, 且较少有文献在回归的基础上用岭回归的方法对模型做进一步的完善。故

选取山东省作为研究区域, 将城镇化水平引入改进的 STIRPAT 模型中, 通过引入城镇化水平的二次项对城镇化水平与碳排放量之间是否存在倒 U 型曲线的关系做进一步探究。

### 三、拓展的 STIRPAT 碳排放量模型

本文采用 STIRPAT 随机回归模型, 即基于人文和环境因素的恒等式 IPAT 改进的多变量非线性模型。其基本形式如下:

$$I = aP^b A^c T^d e \quad (1)$$

式(1)中, I、P、A、T 分别表示环境压力、人口数量、富裕程度和技术进步等因素, a 为模型的系数, b、c、d 分别为各解释变量的指数  $\rho$  为随机扰动项。

为了探究城镇化水平与山东省能源消费碳排放的关系, 并结合当前的宏观经济政策和实际情况, 尤其是近几年来城镇化水平有所上升的现状, 构建如下的拓展模型, 并进一步检验城镇化水平与碳排放之间是否存在倒 U 型的关系:

$$\begin{aligned} \ln I = \ln a + \beta_1 \ln P + \beta_2 \ln A + \beta_3 \ln T \\ + \beta_{41} \ln U + \beta_{42} (\ln U)^2 + \ln e \quad (2) \end{aligned}$$

是山东省能源消费产生的碳排放量 (Mt C); P 为人口数 (万人); A 为富裕度, 用人均 GDP 表示 (元/人) 表示; T 为能源强度, 即能源消费量与 GDP 的比值 (吨标煤/万元); U 为城镇化水平, 用城镇人口

与总人口的比值表示;  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$  和  $\beta_4$  分别为弹性系数, 表示当  $\ln P$ 、 $\ln A$ 、 $\ln T$ 、 $\ln U$  和  $(\ln U)^2$  每变化一单位时, 分别引起  $\ln I$  变化  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_{41}$  和  $\beta_{42}$  个单位。

本文通过查找和参阅《山东省统计年鉴》, 得到了山东省 1996—2019 年的相关数据, 其中包括人口数、富裕度 (人均 GDP)、能源强度 (能源消费量与 GDP 的比值)、城镇化水平等数据。

能源消费碳排放量是计算得到的。依据 IPCC 碳排放计算方法, 结合山东省的实际发展情况, 考虑采用下面的公式计算碳排放量:

$$C = \sum E_i \varepsilon_i \quad (3)$$

其中, C 表示山东省的碳排放总量, 单位是万吨;  $E_i$  表示第 i 种能源的消费总量, 单位是万吨;  $\varepsilon_i$  表示第 i 种能源的碳排放系数, 单位是万吨/万吨, 各种能源的碳排放系数参照下表, 得到的数据结果如图 1 所示。

### 四、实证分析

基于以上数据, 运用最小二乘估计法 (OLS 法) 对 STIRPAT 模型进行参数估计, 得到公式 (4)。由于本文选用的研究数据是时间序列数据, 而经济变量间通常具有相同或者相近的变化趋势, 因此考虑模型可能存在多重共线性, 故在回归模型的基础上进行多重共线性的检验。

$$\ln I = -0.159 \ln P + 1.752 \ln A + 0.611 \ln T + 0.316 \ln U - 0.276 (\ln U)^2 + \ln e \quad (4)$$

本文借助方差膨胀因子法来进行进一步的检验。解释变量  $X_i$  的参数估计量  $\hat{\beta}_i$  的方差可表示为：

$$\text{var}(\hat{\beta}_i) = \frac{\sigma^2}{\sum X_i^2 - R_i^2} = \frac{\sigma^2}{\sum X_i^2} 1/R_i^2 \quad (5)$$

对回归模型 (4) 进行了方差膨胀因子检验，解释变量人口数、富裕度、能源强度、城镇化水平及它的扩展项的分别为 117.247、32.055、13.676、1094.203 和 699.193，且均大于 10，故认为该模型存在较严重的多重共线性。

本文利用岭回归的方法消除多重共线性，岭回归估计原理是通过在相关矩阵中引入一个很小的岭参数  $K (1 > K > 0)$ ，来降低参数的最小二乘估计中复共线特征向量的影响，从而减少复共线变量系数最小二乘估计的方法，可以保证参数估计更接近真实情况。进行岭回归估计的关键就是岭参数的确定，故选用岭迹法来确定岭参数。

通过分析图 2 的岭迹图，发现当  $K$  值取 0.8 时，各回归系数的岭估计基本稳定。因此选用岭参数为 0.8，并借助 SPSS.25 来进行岭回归分析，输入调用岭回归的语法命令，回归结果为式 (6)。解释变量  $\ln P$ 、 $\ln A$ 、 $\ln T$ 、 $\ln U$  和  $(\ln U)^2$  的  $t$  值分别为 7.4368、9.1444、0.3000、6.1674 和 -4.6749，大部分解释变量显著性比之前有所提高。因此拓展的 STIRPAT 模型为：

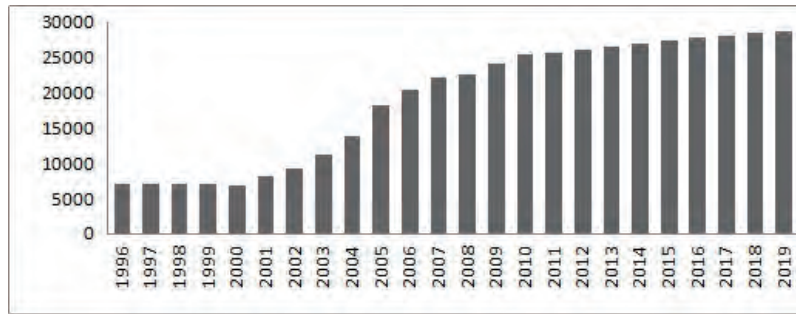


图 1 山东省 1996—2019 年能源消费碳排放量

$$\ln I = -14.6325 + 2.5286 \ln P + 0.1581 \ln A + 0.1667 \ln T + 0.3300 \ln U - 0.1635 (\ln U)^2 + \ln e$$

通过上表的回归系数来看，城镇化水平、人口数、富裕度和能源强度各因素与碳排放之间均呈现出一定的正相关，即随着城镇化水平的提高、人口数的增长、富裕度的提高以及能源强度的增加，碳排放量会呈现上升趋势。同时注意到城镇化水平的二次项系数为 -0.1635，说明在研究期间内，山东省的能源消费碳排放量与城镇化水平之间存在倒 U 型曲线的关系。即随着未来山东省城镇化水平的不断提升，碳排放量会在到达一个极值点后开始出现下降趋势。

表 岭回归估计结果

		SE( )	t
$\ln P$	2.5286	0.3400	7.4368
$\ln A$	0.1581	0.0173	9.1444
$\ln T$	0.1667	0.0505	0.3000
$\ln U$	0.3300	0.0535	6.1674
$(\ln U)^2$	-0.1635	0.0350	-4.6749
c	-14.6325	3.2289	-4.5318

数据来源：IPCC 国家温室气体清单指南。

通过探究城镇化水平与能源消费碳排放的关系得出，城镇化水平是影响碳排放的一个重要因素。模型结果显示，若保持其他变量不变，城镇化水平每变化 1%，就引起能源消费碳排放量 0.3300% 的变化。这说明城镇化水平对碳排放存在着较大的正影响，即随着城镇化水平的不断提升，山东省的碳排放量也呈现出增长势头。

为了积极响应“十三五”控制温室气体排放工作方案并结合当前的山东省城镇化建设规划，为推动山东省加快实现绿色低碳发展，实现全省经济可持续发展，结合本文的研究结果提出政策建议。

(一) 结合山东省城镇化现状，开展区域降碳

## 五、结论与政策建议

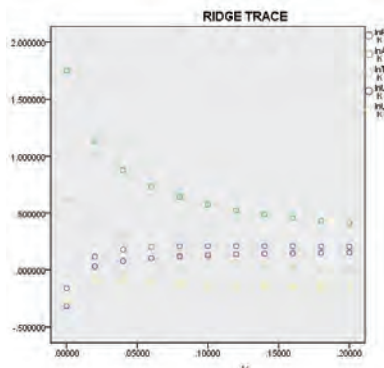


图 2 岭迹图



城镇化水平作为评价城镇发展程度的一个重要指标,常用城镇人口占总人口的比重来表示。2005年,山东省的常住人口城镇化率达到34.16%;2015年,常住人口城镇化率达到59.02%,同比增长了2.01个百分点;2016年,常住人口城镇化率达到60.58%,同比增长了1.56个百分点;2019年末人口达到了10070.21万人,城镇化率增长至61.51%,同比增长了0.33个百分点。从中可以粗略看出,城镇化水平一直呈现出增长趋势,但是同比增长率却呈现下降的趋势,其中全省区域发展的显著差异是造成这种现象的一大重要原因。

区域发展的显著差异很大一部分体现在城镇化水平的差距上,而山东省的东西部地区城镇化水平之间就存在着显著差异,东部地区的城镇化水平远高于西部地区的城镇化水平,这对于山东省整体城镇化水平的提高产生了非常不利的影响。因此要实施区域协调发展战略,要保持东部地区较快的城镇化发展速度,同时也要加快西部地区的城镇化建设和发展,逐渐缩小地区差距,保持东西部协调发展,实现山东省城镇化水平的整体提高。

(二)构建合理的城镇体系,促进非农产业的发展,加快产业结构转型

长久以来山东省就是一个农业大省,在经济总量上农业也占据重要地位,这使得山东省的第一产业在一段时期一直占据较

大的比例,不利于农业人口向城镇人口转移,这也是导致山东省城镇化水平较低的原因。随着近年来山东省产业结构的调整,结构不合理的现状得到了明显的改善,实现了从第一产业占主导到“二、三、一”结构的转变,但第二产业占主导会在一定程度上给绿色低碳发展施加压力。实现绿色低碳发展的前提就是要实现产业结构的合理化,而现阶段山东省的经济仍然处在转型发展的关键时期,因此需要通过构建合理的城镇体系,促进产业结构的转型。促进山东省城镇化发展的关键是发挥大中城镇的带动作用。

(三)实施可持续城镇化发展战略,引导山东省走绿色低碳发展的道路

由于长期以来将经济增长作为城镇发展的首要目标,对生态环境保护意识匮乏,导致各城镇牺牲环境来促进当地经济的发展。而快速城镇化会带来城镇人口急速增长、资源环境问题恶化等问题,制约着山东省城镇化水平的进一步提升,因此迫切需要运用可持续发展思想来指导山东省当前的城镇化进程,实现城镇化的可持续发展。

只有尽快制定相关的政策措施,才能保证山东走一条可持续发展的绿色低碳之路。政策的制定,一方面要符合山东省的乡村振兴计划,确保各城镇发展有章可循;另一方面还要加强可持续发展科技创新,通过新旧动能转换来转变原有的低效发展模式,进一步促进经济高质量低碳

发展。■

#### 参考文献:

[1]Lv Qian, Liu Haibin, Yang Dongyang. Effects of Urbanization on Freight Transport Carbon Emissions in China: Common Characteristics and Regional Disparity[J]. Journal of Cleaner Production, 2019. 211.

[2]赵涛,张思聪.基于STIRPAT模型的区域城镇化碳排放影响因素差异分析[J].甘肃科学学报,2019,31(3).

[3]Zhen Wang, Can Cui, Sha Peng. How do Urbanization and Consumption Patterns Affect Carbon Emissions in China? A Decomposition Analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2019. 211.

[4]Ouyang Xiaoling, Lin Boqiang. Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emissions during Urbanization: A Comparative Study between China and Japan[J]. Journal of Cleaner Production, 2016,(1).

[5]赵红,陈雨蒙.我国城镇化进程与减少碳排放的关系研究[J].中国软科学,2013,(3).

[6]王锋,秦豫徽,刘娟,吴从新.多维度城镇化视角下的碳排放影响因素研究——基于中国省域数据的空间杜宾面板模型[J].中国人口·资源与环境,2017,27,(9).

[7]张小平,葛栋栋.基于STIRPAT模型的甘肃省能源消费碳排放影响因素分析[J].开发研究,2015,(5).

(作者单位:曲阜师范大学经济学院)

责任编辑:康伟