

# 基于 STIRPAT 模型的中国能源压力分析 ——基于空间计量经济学模型的视角

姜 磊 季民河

(华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062)

**摘要:** 21 世纪的中国已成为世界第一大能源消费国, 迅猛而粗放的经济对能源的需求和依赖倍增, 这给能源生产和供给带来巨大压力。由于产业结构和区位的异同, 各省的能耗呈现空间异质和空间趋同; 部分能耗通过空间效应来解释, 可以改正传统能耗模型的估计偏差。采用能源消费总量作为环境压力的衡量指标, 以 STIRPAT 模型为基础, 将能源消费的空间效应纳入到 STIRPAT 模型进行空间计量分析。结果发现, 中国省域能源消费在空间上存在依赖性, 人口、社会富裕度和第二产业比重与能源消费皆为正相关, 随着人口、社会富裕度和第二产业比重的增加, 对能源消费的弹性系数逐渐增加。适当地控制人口、社会倡导低碳生活以及节能降耗均能缓解能源压力, 同时制定差异化的区域能源消费调控措施也很有必要。

**关键词:** 能源消费; STIRPAT 模型; 空间计量经济学模型

中图分类号: F426 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2011)09-1072-06

中国经济改革取得了举世瞩目的成就, 经济在迅猛发展的同时也加大了对能源的需求。改革伊始, 中国经济就表现出对包括能源在内的资源高消费和强依赖特点。目前中国已经成为世界第一大能源消费国, 能源消费量巨大, 对能源的生产和供给产生了巨大的压力。能源问题一直都是学术界长期讨论的话题, 近年来涌现出不少与能源相关的研究, 包括经济增长与能源消费的关系<sup>[1-3]</sup>, 能源效率的影响因素等<sup>[4-6]</sup>。有学者建立空间计量经济模型进行分析或者利用“STIRPAT”模型开展研究<sup>[7-8]</sup>。“STIRPAT”模型是一个应用广泛、非常成熟的环境压力评价模型。王立猛等以能源消费总量作为环境压力的衡量指标, 基于时间序列的数据角度来分析人口数量、富裕度、能源强度和能源消费的选择行为等人类驱动力对环境压力的影响<sup>[9]</sup>。然而, 中国各个区域之间存在较大的地理差异, 导致了地理空间的非均质性和非均衡性, 传统的计量方法进行分析无法揭示空间差异所带来的影响。能源消费存在着地域空间差异的问题, 空间效应势必影响到模型参数的无偏估计, 进而增加决策风险。本文以“STIRPAT”模型为基础, 将空间效应纳入到模型的分析框架之中, 采用空间计量经

济学模型并建立“STIRPAT”空间计量经济模型来分析人口、社会富裕度和第二产业对能源消费的空间作用机制和影响程度。

## 1 研究方法

### 1.1 STIRPAT 模型和变量数据

Ehrlich 和 Holden(1971, 1972) 首次提出建立“IPAT”方程来反映人口对环境压力的影响, 其中  $I$  是环境压力 (Impact)、 $P$  是人口数量 (Population)、 $A$  是富裕度 (Affluence)、 $T$  为技术 (Technology)<sup>[10, 11]</sup>。该模型已为业内认可, 现在广泛用于分析环境等变化的决定因素。本文借此模型来分析中国能源压力的问题, 即研究某些因素对能源消费的影响。 $I$  变量选用能源消费作为环境压力变量,  $P$  变量仍然采用人口数量, 富裕度变量  $A$  采用的是比较常用的人均 GDP 来衡量。对于技术变量  $T$ , 本文将改进为第二产业比重, 而不是沿用常规的技术进步指标。无疑, 技术进步有利于降低能源消费, 缓解能源的压力。但本文未采用的主要原因是技术指标难以刻画。国外文献一般采用从事研究的科学家、工程师的数量或者专利申请量、授权数来衡量, 国内较多采用 R&D 比重、财政支出中的科

收稿日期: 2010-10-11; 修订日期: 2011-04-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(40671074)资助。

作者简介: 姜 磊(1983-) 男, 山东烟台人, 博士研究生, 主要从事区域经济模拟与空间统计分析研究。E-mail: orochieh@163.com

通讯作者: 季民河 教授。E-mail: nhji@geo.ecnu.edu.cn

技经费比重。国外研发机构大多基于企业,能够较好的描述技术水平,而国内研发主体是政府机构,大多是政府对技术的需求,不能真实地反映技术进步。在中国目前还没有一个很好的指标刻画技术进步。本研究的模型采用第二产业比重替换技术变量,是因为①中国的能源消费主体是第二产业,其所占比重在 70% 以上;②第二产业受国家宏观调整影响比较明显;③第二产业比重的变动对能源产生巨大的影响。因此,估算第二产业对能源的压力,做出定量的分析,可以为政府进行产业调整和经济规划提供科学判断。

“ $I = PAT$ ”模型存在一些局限,例如在改变一个因素同时,无法保持其他因素固定不变来分析问题。因此, York 等(2003)在 IPAT 的基础上,建立了 STIRPAT(Stochastic impacts by regression on population, affluence and technology)模型<sup>[12]</sup>,即

$$I = cP^{\beta_1}A^{\beta_2}T^{\beta_3}e \quad (1)$$

将模型取对数,并结合本文的实际情况,模型可以写为:

$$\ln I = c + \beta_1 \ln P + \beta_2 \ln A + \beta_3 \ln SI + e \quad (2)$$

式中  $I$  代表环境压力指标,采用能源消费量(万吨标准煤);  $P$  代表人口(万人),表示人口对能源产生的压力;  $A$  代表社会富裕度(万元),表示社会富裕对能源造成的压力;  $SI$  表示第二产业比重(%),表示工业对能源产生的压力。  $c$  为常数项,  $e$  为随机干扰项,  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  为系数。用此模型来分析中国人口、社会富裕度和第二产业比重对能源消费的影响。一般来说,人口越多对能源的需求就越旺盛,能源消费就越高,对能源的压力就越大。按照通常的情况来看,社会越富裕,能源的消耗也就越多,经济的发达伴生了诸多能源消耗的物品,例如汽车等。工业比重的提高也需要大量能源的支撑。因此预期三者和能源消费为正相关关系。本文所用数据来自《中国统计年鉴 2009》和《中国能源统计年鉴 2009》<sup>[13,14]</sup>。为了避免截面数据分析可能造成的偶然性,选用了 2006 年、2007 年和 2008 年三年的平均值。由于缺乏西藏数据,本研究仅使用了除了西藏以外的中国 30 个省市的样本空间。

## 1.2 空间计量模型方法

### 1.2.1 空间自相关分析

不同的区域能源消费可能存在着较大的空间差异,在地理空间上可能存在相互影响的关系。实际上,几乎所有的空间数据都具有空间依赖性或空

间自相关的特征,所以需要采用空间统计和空间计量经济模型来进行分析。首先,采用空间统计分析方法的 Moran's  $I$  来检验因变量是否存在空间自相关性,若存在,则进一步借用空间计量经济学的理论方法作为支撑,建立空间计量经济模型进行空间计量估计<sup>[15,16]</sup>。Moran's  $I$  定义如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y}) (Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (3)$$

式中,  $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$ ,  $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$ ,  $Y_i$  表示第  $i$  地

区能源消费的观测值;  $n$  为地区总数;  $W_{ij}$  为二进制的邻接空间权值矩阵。采用邻接标准或距离标准,其目的是定义空间对象的相互邻接关系,如果两个地区邻接则为 1,不邻接则为 0,构建权值矩阵  $W_{ij}$ 。Moran's  $I$  可看作各地区观测值的乘积和,其取值范围为  $-1 \leq I \leq 1$ ,若相邻地区间为空间正相关,  $I$  的数值应当较大,负相关则较小。

### 1.2.2 空间计量经济模型及估计

空间计量经济学模型有多种<sup>[15]</sup>,根据模型设定对“空间依赖性”的体现方法不同,空间计量模型主要分成两种:

1) 空间滞后模型。空间滞后模型(Spatial Lag Model, SLM)主要是探讨各变量在一地区是否有扩散现象(溢出效应)。其模型表达式为:

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

式中,  $y$  为能源消费变量;  $X$  为  $n \times k$  的外生解释变量矩阵,  $n$  表示地区数量,  $k$  为解释变量的个数,在本文中为人口、富裕度和第二产业比重变量;  $\rho$  为空间回归系数;  $W$  为  $n \times n$  阶的空间权值矩阵,一般用邻接矩阵(Contiguity Matrix);  $Wy$  为空间滞后因变量,是一内生变量,反映了空间距离对区域行为的作用;  $\varepsilon$  为随机误差项向量;参数  $\beta$  反映了自变量对因变量的影响。

2) 空间误差模型。当地区间的相互作用因所处的相对位置不同而存在差异时,则需要采用空间误差模型。空间误差模型(Spatial Error Model, SEM)公式为:

$$y = X\beta + \varepsilon, \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu \quad (5)$$

式中,  $\varepsilon$  为随机误差项向量,  $\lambda$  为  $n \times 1$  阶的截面因变量向量的空间误差系数,  $\mu$  为正态分布的随机误差向量。SEM 中参数  $\beta$  反映了自变量  $X$  对因变量

$y$  的影响。参数  $\lambda$  衡量了样本观察值中的空间依赖作用,即相邻地区的观察值  $y$  对本地区观察值  $y$  的影响方向和程度。存在于扰动误差项之中的空间依赖作用,度量了邻近地区关于因变量的误差冲击对本地区观察值的影响程度。

对于空间计量模型的估计若采用普通最小二乘法,系数的估计值会有偏或者无效,需要通过工具变量法、极大似然值法、或者广义最小二乘估计等进行。本文采用极大似然法进行估计。针对空间滞后和空间误差计量模型做出实证检验,并判断地区间的空间相关存在与否,一般进行通过包括 Moran's  $I$  检验、极大似然 LM-Error 检验和极大似然 LM-Lag 检验等一系列空间效应检验。同时,这些统计检验方法也可以用于诊断所估计的空间计量模型结果。另外,除了拟合优度检验  $R^2$  以外,常用的检验准则还有:对数似然值(Log likelihood),赤池信息准则(Akaike information criterion, AIC),施瓦茨准则(Schwartz criterion, SC)。对数似然值越大, AIC 和 SC 值越小,模型拟合效果越好。

2 实证研究结果

在进行空间计量估计之前,本文先没有考虑空间因素而对模型做普通最小二乘估计,用来与空间计量经济模型估计的参数进行对比分析。经过方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)的检验,三个变量的 VIF 分别约为 1.25、1.68 和 1.88,远远低于 10,变量之间不存在多重共线性的问题(表 1)。

表 1 OLS 估计结果

Table 1 Results of OLS estimation

变量	系数	标准误差	$t$ 统计	概率值
$c$	-1.3339	1.1336	-1.1767	0.2500
$\ln P$	0.7188	0.0673	10.6785	0.0000
$\ln A$	0.4728	0.0971	4.8672	0.0000
$\ln SI$	1.0951	0.2939	3.7257	0.0010
Adj $R^2$	0.8707			
Log likelihood	-1.8444			
AIC	11.3952			
SC	17			

由表 1 所示,三个变量均通过了 1% 的显著性水平的检验,模型整体也通过了显著性检验,调整后的拟合优度也高达 0.87,模型拟合程度较高。从系数来看,人口、富裕度和第二产业比重对能源消费的弹性分别约为 0.72、0.47 和 1.10。经典线

性的普通最小二乘回归忽略了空间效应,没有考虑空间因素,可能造成估计系数的不真实。因此,有必要对能源消费进行空间自相关检验。

2.1 空间自相关检验

首先测算了 2006~2008 年能源消费均值的对数值在地理空间上的相关性即空间依赖性。能源消费的 Moran's  $I$  为 0.194,无空间相关假设成立的概率小于 0.03,说明相邻省份的能源消费存在着普遍的正相关,全国各省能源消费的空间分布并非表现出完全的随机状态,而是表现出相似值之间的空间集群(Clustering)。因此,从整体而言省域之间的能源消费有空间相关性,存在空间集群现象,地区差异比较明显,说明空间维度上的相关性和异质性。

2.2 空间计量经济模型估计与分析

考虑到空间因素,将空间效应纳入到模型之中,采用空间计量经济模型进行估计。由于无法根据先验经验来推断究竟 SLM 模型较好还是 SEM 模型较好,本文给出了 SLM 模型和 SEM 模型的估计结果,然后根据综合几种判别标准来断定 SLM 模型和 SEM 模型哪一个更为合适(表 2、表 3)。

表 2 空间滞后模型结果

Table 2 Results of SLM

变量	系数	标准误差	$t$ 统计	概率值
$\rho$	-0.0267	0.1286	-0.2077	0.8355
$c$	-1.1634	1.4023	-0.8296	0.4068
$\ln P$	0.7211	0.0657	10.9794	0.0000
$\ln A$	0.4804	0.0994	4.8322	0.0000
$\ln SI$	1.1082	0.2740	4.0448	0.0001
$R^2$	0.8721			
Log likelihood	-1.6803			
AIC	13.3605			
SC	20.3665			

由表 2 可以看出来,同 OLS 估计结果相比,SLM 模型的拟合优度略高一点,对数似然值也稍大一些, AIC 和 SC 数值也要高于 OLS 模型。同时发现虽然外生变量的系数都通过了 1% 的显著性水平的检验,但是  $W_y$  的系数  $\rho$  却没有通过检验,说明 SLM 模型不合适,因此再对 SEM 模型进行估计(表 3)。

由表 3 可知,同 OLS 模型和 SLM 相比,SEM 模型的拟合优度提高到 0.898,而且 SEM 模型的极大似然值比前两个模型也高,同时 AIC 和 SC 的值要低,根据判断标准,对数似然值越大, AIC 和 SC 值

表 3 空间误差模型结果

Table 3 Results of SEM				
变量	系数	标准误差	t 统计	概率值
c	-0.4800	0.9751	-0.4923	0.6225
LnP	0.7886	0.0589	13.3948	0.0000
LnA	0.5331	0.1055	5.0521	0.0000
LnSI	0.7145	0.2419	2.9541	0.0031
$\lambda$	0.5534	0.1713	3.2311	0.0012
R <sup>2</sup>	0.8979			
Log likelihood	0.4007			
AIC	7.1987			
SC	12.8035			

越小,模型拟合效果越好。由此可以看出,SEM 模型是三者当中最好的模型。要进一步判断哪种空间模型更加符合实际情况,Anselin 和 Florax (1996)<sup>[17]</sup>提出了如下判别准则:如果在空间依赖性的检验中发现 LM-Lag 较之 LM-Error 在统计上更加显著,且 Robust LM-Lag 显著而 Robust LM-Error 不显著,则可以断定适合的模型是空间滞后模型;相反,如果 LM-Error 比 LM-Lag 在统计上更加显著,且 Robust LM-Error 显著而 Robust LM-Lag 不显著,则可以断定空间误差模型是恰当模型。

表 4 是空间依赖性检验的结果,可以看出,LM-Lag、LM-Error 和 Robust LM-Lag 均不显著,没有通过 10% 的显著性水平的检验,而 Robust LM-Error 已经通过了 7% 水平的显著性检验。同时参考极大似然值、AIC 和 SC 的标准来看,SEM 模型比 OLS 模型和 SLM 模型都要好,是最优的模型。由此可见,OLS 模型由于遗漏了空间误差自相关问题,导致了 OLS 估计的结果可能不够可靠。SEM 模型考虑了空间误差因素,估计出来的结果更为稳健,也符合实际情况。

表 4 空间依赖性检验

Table 4 Diagnostics for spatial dependence			
TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0.2013	2.3763	0.0175
LM - Lag	1	0.0278	0.8677
Robust LM (lag)	1	1.1946	0.2744
LM - Error	1	2.3027	0.1292
Robust LM (error)	1	3.4696	0.0625

表 3 的 SEM 模型结果显示,SEM 模型的空间误差估计参数  $\lambda$  通过了 1% 的显著性检验,表明省域之间的能源消费存在着较强的空间依赖作用,在模型中没有考虑到的一些因素通过误差项对能源

消费也产生着一定的作用,也就是说相邻地区的能源消费具有空间上的相互影响,表现为能源消费在忽略的误差项上的空间依赖性。人口、社会富裕度和第二产业比重对能源消费来说都是正相关关系,并且三者都通过了 1% 水平的显著性检验,说明人口、社会富裕度和第二产业三个因素都对能源消费产生正效用的压力,并且在统计上非常显著,说明人口的增长会引起能源消费的增加。这与王立猛结论类似<sup>[9]</sup>,但是系数相对较小,说明了考虑到空间自相关因素后,人口对能源产生的压力有所修正;社会富裕程度增加对能源消费的弹性系数为正,与王立猛估计的系数几乎相同,随着富裕度增加,对能源的需求也将上升,同样对能源造成很大压力。同样,第二产业的比重提高对能源消费的弹性系数也为正,第二产业比重提高对能源消费也产生正效用的压力。

3 结 论

本文基于 STIRPAT 模型,纳入空间效应,以能源消费量作为环境压力指标,测算了人口、社会富裕度和第二产业比重对能源消费影响的问题。通过空间自相关检验,发现中国省域能源消费存在着较为明显的空间依赖性,考虑了空间自相关因素所测算出的弹性更具有真实性,解释人口、社会富裕度和第二产业对能源造成的压力更具有稳健性。

通过空间计量模型发现,人口对能源产生的压力较大。中国人口出生率虽然有所下降,但由于人口基数巨大,人口总量仍然会保持增长。因此在未来相当长的时间内,人口对能源需求的总量上还有明显的上升趋势。从绝对量来说,巨大的人口数量需要消耗大量的能源,对中国的能源需求会造成长期持续的压力。因此在生育自愿的情况下,适当的控制人口,对缓解能源压力会有所帮助。就目前而言,东部地区人口增长趋于缓慢,而中西部地区人口增长势头仍然较高,因此在制定人口政策时一定要采取区域差异化措施。

社会的富裕程度越高,就需要更多的能源作为支撑。改革开放以来,人民生活水平越来越高,高水平的物质生活需要大量的能源供应,例如近年来汽车使用量增加,对石油的需求大大提高,对能源生产和供应产生了巨大的压力。多次发生“煤荒”、“电荒”给我们进一步敲响了节约能源的警钟。这就需要国家和社会努力提高人民的文明素

养,积极倡导绿色环保和低碳的生活方式,而不是鼓励高能源消耗的物质生活方式。

社会的富裕也带动了大量工业品消耗,然而在大量工业品的背后则需要大量的能源作为物质基础和动力支持。中国工业长期以来粗放式增长,能源效率低,浪费了大量的能源。工业能源消费占据了全社会能源消费的70%左右,是能源消费的主体。中国还处于工业化的中期后半阶段,工业仍然不断高速发展,这对能源的供应提出了巨大的挑战,过高的能源压力迫使中国已经开始向海外获取能源资源来满足本国的能源需求。在实现工业化的过程中,一定要努力提高工业技术水平。东部地区工业技术较为先进,而中西部能源资源禀赋丰富,但工业生产工艺较为落后,浪费了大量的能源,若将东部地区的工业技术引进到西部地区,势必会大大减少对能源的需求,进而缓解日益紧张的能源压力。因此,国家也需要合理地制定节能降耗的计划,并采取各种措施降低能耗,目前在某些工业部门取得了较好的效果。另外,区域能源的消费具有空间依赖性,说明本地的能源消费对邻近地区产生了溢出效应,彼此之间不是孤立的,这也为政府部门制定能源政策方面给予启示,要考虑空间作用机制对能源消费的差异化作用。

## 参考文献:

- [1] 赵进文,范继涛. 经济增长与能源消费内在依从关系的实证研究[J]. 经济研究, 2007 (8): 31~42.
- [2] 吴巧生,陈亮,张炎涛,等. 中国能源消费与GDP关系的再检验——基于省际面板数据的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2008 (6): 27~40.
- [3] 刘长生,郭小东,简玉峰. 能源消费对中国经济增长的影响研究——基于线性与非线性回归方法的比较分析[J]. 产业经济研究, 2009 (1): 1~9.
- [4] 张少华,陈浪南. 经济全球化对我国能源利用效率影响的实证研究——基于中国行业面板数据[J]. 经济科学, 2009 (1): 102~111.
- [5] 邱灵,申玉铭,任旺兵,等. 中国能源利用效率的区域分异与影响因素分析[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 920~928.
- [6] 张晓平. 中国能源消费强度的区域差异及影响因素分析[J]. 资源科学, 2008, 30(6): 883~889.
- [7] 吴玉鸣,李建霞. 中国省域能源消费的空间计量经济分析[J]. 中国人口,资源与环境, 2008, 18(3): 93~98.
- [8] 王立猛,何康林. 基于STIRPAT模型的环境压力空间差异分析——以能源消费为例[J]. 环境科学学报, 2008, 28(5): 1032~1037.
- [9] 王立猛,何康林. 基于STIRPAT模型分析中国环境压力的时间差异——以1952~2003年能源消费为例[J]. 自然资源学报, 2006, 21(6): 862~869.
- [10] Ehrlich P R, Holden J P. Impact of population growth[J]. Science, 1971, 171: 1212~1217.
- [11] Ehrlich P R, Holden J P. One dimensional economy[J]. Bulletin of Atomic Scientists, 1972, 16: 18~27.
- [12] York R, Rosa E A, Dietz T. STIRPAT, IPAT and Impact: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts[J]. Ecological Economics, 2003, 46: 351~365.
- [13] 国家统计局. 中国统计年鉴 2009[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [14] 国家统计局. 中国能源统计年鉴 2009[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [15] Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [16] Anselin L, Bera A, Florax R, et al. Simple diagnostic tests for spatial dependent[J]. Regional Science and Urban Economics, 1996, 26: 77~104.
- [17] Anselin L, Raymond J G M, Florax Sergio J Rey. Advances in Spatial Econometrics: Methodology, Tools and Applications[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2004.

## China's Energy Stress Based on the STIRPAT Model: A Spatial Econometric Perspective

JIANG Lei, JI Min-He

(*The Key Lab of Geographic Information Science, Chinese Ministry of Education,  
East China Normal University, Shanghai, 200062, China*)

**Abstract:** China is now claimed to be the largest energy consumer among all countries in the world, as it more than ever needs energy to sustain its consecutive two-digit annual GDP growth. The huge demand for energy has had a stronger impact on energy production and supply in the country. The distribution of energy consumption among provinces and cities may conceal significant spatial effects that each location has exerted onto its neighbors. When taken into account in the analysis, these spatial effects may be used to rectify the estimation bias inherent in the traditional energy consumption model. This paper employed the total energy consumption as an index of environmental impacts to evaluate the spatial effect of energy consumption in China based on the STIRPAT model. The energy consumption data of all regions in China was first examined via the Moran's I index for the existence of spatial dependence. For calculating the index, a contiguity rule was employed to establish the spatial weight matrix for the regions. The exploratory analysis results in a value of 0.194 for Moran's I at the significant level of 0.05, which indicates a tendency of spatial clustering of similar consumption values. This warranted further analyses on a confirmatory nature. Two spatial econometric regression models based on spatial lag (SLM) and spatial error (SEM) respectively were then established to analyze the impact of several relevant factors on energy consumption. Results from these two models were compared on the basis of several statistical tests, and the SEM was selected to fit the data. The goodness of fit of the SEM reached 0.898, a 3% improvement over 0.871 of the adjusted R-squared resulting from the traditional OLS model. The results indicated that the average energy consumption between the years of 2006 and 2008 did present spatial interdependence to some degree among Chinese provinces, and the energy consumption behavior was collectively influenced by the internal factors of the province under investigation and its neighbors. There was a significant positive correlation between energy consumption and population, social affluence, and secondary industry. That is, the elastic coefficient of energy consumption increased gradually as these influential factors increased. A set of governmental countermeasures are necessary: moderate efforts should be made to revise birth control targets, civic investment should be increased to advocate a low-carbon lifestyle in China, and new and energy-saving technologies should be rapidly adopted in the Chinese industrial system. Above all, the strategic planning and policy making for the long-term reduction of energy consumption should consider the spatial interaction mechanism of energy consumption among different jurisdictions in the country.

**Key words:** energy consumption; STIRPAT model; spatial econometric model