



移动扫码阅读

杨姣,董晔.基于STIRPAT模型的新疆环境压力影响因素分析——以能源消耗为例[J].能源环境保护, 2021, 35(4): 85-91.

YANG Jiao, DONG Ye. Analysis of the influencing factors of environmental pressure in Xinjiang based on the STIRPAT model; Taking energy consumption as an example[J]. Energy Environmental Protection, 2021, 35(4): 85-91.

# 基于STIRPAT模型的新疆环境压力影响因素分析 ——以能源消耗为例

杨姣<sup>1</sup>, 董晔<sup>2,\*</sup>

(1.新疆师范大学地理科学与旅游学院,新疆乌鲁木齐830054; 2.新疆师范大学商学院,新疆乌鲁木齐830017)

**摘要:**以2001~2018年的时间序列数据为样本,基于STIRPAT模型和lasso回归分析方法探讨了新疆能源消耗的影响因素和程度。结果表明:新疆能源消耗量呈上升趋势,与人口、人均GDP、技术进步等因素呈现正相关关系;人均GDP对能源消耗的影响程度最高,各影响因素每增加1%,对应的能源消耗值增加接近1%。

**关键词:**STIRPAT模型;能源消耗;环境压力;新疆

中图分类号:X196

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2021)04-0085-07

## Analysis of the influencing factors of environmental pressure in Xinjiang based on the STIRPAT model: Taking energy consumption as an example

YANG Jiao<sup>1</sup>, DONG Ye<sup>2,\*</sup>

(1. School of Geography and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;

2. Business School, Xinjiang Normal University, Urumqi 830017, China)

**Abstract:** Based the time series data from 2001 to 2018, the influencing factors and degree of energy consumption in Xinjiang were discussed based on the STIRPAT model and lasso regression analysis method. The results showed that the energy consumption of Xinjiang was on the rise and was positively correlated with population, per capita GDP, technical advancement, and other factors. Among all the influencing factors, per capita GDP has the highest impact on energy consumption. The energy consumption increased by nearly 1% if one of the influencing factor increased 1%.

**Key Words:** STIRPAT model; Energy consumption; Environmental pressure; Xinjiang

## 0 引 言

随着人口总量的增加,工业化以及城镇化的不断推进,能源消耗不断增加,环境承受压力不断加大。能源消耗以及环境问题在经济的发展中备受关注,新疆在经济发展的同时,能源消耗以及随着而来的环境问题日益突出<sup>[1]</sup>。新疆在长期的发展过程中,能源消费、产业结构与经济增长有着稳

定的关系,这与我国总体经济发展情况相类似<sup>[2-5]</sup>。人类生活、工业生产所带来的能源消耗、环境污染成为必须要考虑与解决的问题,降低能源消费、减少环境压力对区域发展的可持续性有积极作用。IPAT及其扩展模型如STIRPAT模型在能源消耗、环境压力等方面的应用越来越广泛<sup>[6]</sup>。

国内外学者利用STIRPAT模型在环境方面

收稿日期:2021-04-13;责任编辑:蒋雯婷

基金项目:教育部人文社会研究规划基金项目(17YJAZH019)

第一作者简介:杨姣(1995-),女,甘肃会宁人,硕士研究生,主要研究方向为人口、资源与环境经济学。E-mail:174693804@qq.com

通讯作者简介:董晔(1974-),女,内蒙古呼和浩特人,教授,主要研究方向为人口、资源与环境经济学。E-mail:77069059@qq.com

作了大量的研究,其应用越来越广泛<sup>[7-10]</sup>。路冉等在关于城市土地扩张驱动力研究问题上,利用 STIRPAT 模型分析了影响土地扩张的主要驱动力及其影响程度<sup>[11-13]</sup>。在研究不同因素如交通运输、水利工程、建筑等对碳排放的影响方面,刘兴华等利用 STIRPAT 模型分析了其影响碳排放的强度并在优化其结构类型方面做了相关研究<sup>[14-16]</sup>。在区域废水排放、水环境污染的驱动力因素的研究中,史芳等基于 STIRPAT 模型,利用回归分析方法对影响水环境的各因素影响程度进行分析<sup>[17-18]</sup>。汪菲等利用 STIRPAT 模型分析人口、人均 GDP、技术进步等对能源消费碳排放的影响,不同区域其影响因素的影响程度不同<sup>[19-21]</sup>。刘书玲等从政府出台的环境制度、法规以及财政支出方面出发,利用 STIRPAT 模型分析得到环境规制对碳排放起到先促进后抑制的影响,政府一般预算支出对碳排放的影响很大<sup>[22-23]</sup>。

综上所述,学者利用 STIRPAT 模型从不同的角度分析了影响能源、环境污染的各因素及其影响程度。关于 STIRPAT 模型在环境压力的影响因素分析上,利用普通最小二乘法回归、岭回归等分析方法,为本文研究提供研究途径与方法参考。因此,本文在以往学者的研究基础上,以能源消耗作为环境压力指标研究影响新疆环境压力的各影响因素及其影响程度。基于新疆近些年能源消耗情况,在 STIRPAT 模型的基础上,利用 lasso 回归方法研究新疆能源消耗的主要影响因素及其影响程度,并提出相关政策建议,对新疆经济可持续发展有重要意义。

## 1 研究方法 & 数据来源

### 1.1 新疆能源消耗分析

2001 年以来,新疆经济得到了快速的发展,GDP 增长率多年均在 10% 以上。经济快速发展的同时,能源消耗量逐年增长。能源消耗总量以及占全国比重详见图 1。

如图 1 所示,2001~2018 年,能源消费总量由 3 496.44 万吨标准煤增加到 18 783.036 万吨标准煤。新疆能源消耗总量总体呈现上升趋势,上升速度经历缓慢-急速-缓慢的过程。能源消耗占全国的比重均在 2% 以上,总体呈现增长趋势,在近十年间比重增长较快,2018 年能源消耗占比达到 4.05%。

2001~2018 年,新疆的能源消耗增长率如图 2

所示。

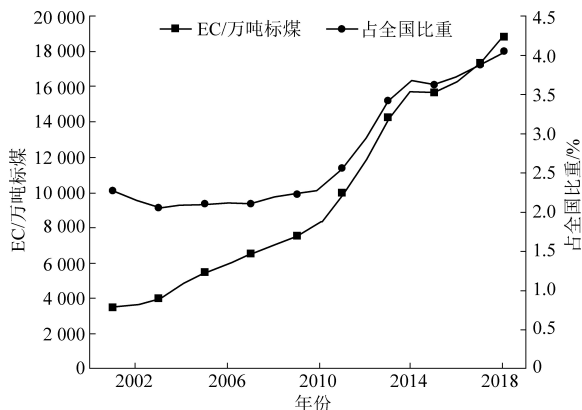


图 1 2001~2018 年新疆的能源消耗及占全国比重

Fig.1 Energy consumption of Xinjiang and its national proportion from 2001 to 2018

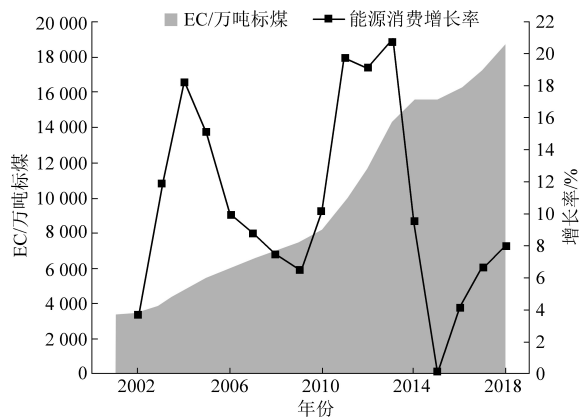


图 2 2001~2018 年新疆的能源消耗增长率

Fig.2 Growth rate of energy consumption in Xinjiang from 2001 to 2018

由图 2 可知,2001~2018 年期间新疆的能源消耗增长率一直保持正的增长率。2003~2005 年间、2010~2013 年间增长率均在 10% 以上,其中 2013 年增长率达到峰值 20.7%。2001~2018 年间,增长率最低的年份为 2015 年,其增长率为 0.07%,2015~2018 年增长率均保持在 10% 以下。总体来看,新疆的能源消耗总量还是处在一个较高的水平。

2001~2018 年新疆能源消耗相关影响因素及变化如表 1 所示。

由表 1 可知,2001~2018 年新疆 GDP 总量由 1 491.60 亿元增长到 12 199.08 亿元,总人口由 1 876.19 万人增加到 2 158.63 万人,增加了 182.44 万人。人口变化除少数年份之外均增加 30 万左右,人均 GDP 变化除 2015 年呈负值之外,其他年份均呈现正值且人均 GDP 变化较大,单位 GDP 能耗总体呈现下降的变化趋势。

表 1 2001~2018 年新疆能源消费因素及其变化

Table 1 Influencing factors of energy consumption and their changes in Xinjiang from 2001 to 2018

年份	能源消耗量 $EC$ /万吨标煤	GDP /亿元	人口总数 $P$ /万人	人口总数变化 $\Delta P$ /万人	人均 GDP /(元/人)	人均 GDP 变化 $\Delta A$ /元	单位 GDP 能耗 /(万吨标准煤/亿元)	技术进步变化 $\Delta T$ / (万吨标准煤/亿元)
2001	3 496.44	1 491.60	1 876.19	—	7 945	—	0.234 4	—
2002	3 622.40	1 612.65	1 905.19	29.00	8 457	512	0.224 6	-0.009 8
2003	4 048.88	1 886.35	1 933.95	28.76	9 828	1 371	0.214 6	-0.010 0
2004	4 784.83	2 209.09	1 963.11	29.16	11 337	1 509	0.216 6	0.002 0
2005	5 506.49	2 604.14	2 010.35	47.24	13 108	1 771	0.211 5	-0.005 1
2006	6 047.27	3 045.26	2 050.00	39.65	15 000	1 892	0.198 6	-0.012 9
2007	6 575.92	3 517.55	2 095.19	45.19	16 972	1 972	0.186 9	-0.011 6
2008	7 069.39	4 171.58	2 130.81	35.62	19 742	2 770	0.169 5	-0.017 5
2009	7 525.56	4 257.60	2 158.63	27.82	19 852	110	0.176 8	0.007 3
2010	8 290.20	5 397.27	2 181.58	22.95	24 871	5 019	0.153 6	-0.023 2
2011	9 926.50	6 577.41	2 208.71	27.13	29 963	5 092	0.150 9	-0.002 7
2012	11 831.62	7 457.64	2 232.78	24.07	33 582	3 619	0.158 7	0.007 7
2013	14 280.87	8 380.25	2 264.30	31.52	37 270	3 688	0.170 4	0.011 8
2014	15 640.35	9 195.96	2 298.47	34.17	40 309	3 039	0.170 1	-0.000 3
2015	15 651.20	9 235.57	2 359.73	61.26	39 653	-656	0.169 5	-0.000 6
2016	16 302.01	9 511.93	2 398.08	38.35	39 984	331	0.171 4	0.001 9
2017	17 391.70	10 881.96	2 444.67	46.59	44 941	4 957	0.159 8	-0.011 6
2018	18 783.04	12 199.08	2 486.76	42.09	49 475	4 534	0.154 0	-0.005 9

## 1.2 STIRPAT 模型

STIRPAT 模型是由 York 等在 IPAT 模型的基础上扩展而来的非线性回归模型, IPAT 模型最早由 Ehrlich 提出<sup>[7,24-25]</sup>, 其标准模型为:

$$I = P \times A \times T \quad (1)$$

该模型认为环境压力  $I$  是由人口数量  $P$ 、富裕程度  $A$  以及技术进步  $T$  共同作用。该模型中假设了有三个驱动力影响环境压力, 由 (1) 式可以看出三个影响因素是乘积形式对环境压力  $I$  造成影响, 每个因素对环境的影响程度相同, 而事实上各因素对环境的影响是不一样的, 因此, IPAT 模型是受限制的, 故在深入探究环境压力的各因素时, 提出了经修正扩展后的 STIRPAT 模型, 其标准形式为:

$$I = aP^b A^c T^d e \quad (2)$$

式 (2) 中,  $I$ 、 $P$ 、 $A$ 、 $T$  所代表的含义与式 (1) 中各变量相同。  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  分别为模型系数与各因素的估计参数,  $e$  为随机误差项。  $b$ 、 $c$ 、 $d$  参数的引入补偿了模型的缺陷, 式 (2) 中可以分析各因素变量对环境压力的影响。为减少异方差影响, 对模型两侧

取对数, 为研究方便, 将相对应参数字母用  $\beta$  表示。式 (2) 所示模型变为:

$$\ln I = \beta_0 + \beta_1 \ln P + \beta_2 \ln A + \beta_3 \ln T + e \quad (3)$$

式 (3) 中,  $I$  为新疆环境压力, 用能源消耗量表示,  $P$  新疆总人口,  $A$  为富裕程度, 用人均 GDP 表示,  $T$  为技术进步, 用单位 GDP 的能源消耗表示。  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$  分别为单位自变量所带来的因变量变化的弹性系数,  $e$  为随机误差项。

STIRPAT 模型中引入了各影响因素参数, 从一个多变量的线性模型通过对数处理得到线性方程, 能够反映出各影响因素的影响程度, 而且 STIRPAT 模型经过拓展也可以添加其他影响因素, 可以将更多的相关变量引入模型中。本文是以能源消耗为例研究新疆环境压力, 只使用了 STIRPAT 模型中最重要的三个决定性因素, 并没有将该模型进行拓展。

## 1.3 数据来源

本文的能源消耗数据、GDP、人口, 来源于《中国统计年鉴》(2002-2019)、《新疆统计年鉴》(2002-2019) 以及《新疆维吾尔自治区 2019 年国民经济和社会发展统计公报》。

## 2 实证分析

### 2.1 STIRPAT 模型分析

#### 2.1.1 ADF 检验

选取时间序列数据,为避免出现“伪回归”,需

表 2 ADF 单位根检验结果  
Table 2 ADF unit root test results

变量	ADF 值	5%临界值	P 值	结论
$\ln I$	-0.830 849	-3.081 002	0.780 5	不平稳
$D(\ln I)$	-3.283 343	-3.081 002	0.034 8	平稳
$\ln P$	-0.002 444	-3.052 169	0.945 8	不平稳
$D(\ln P)$	-2.668 094	-3.065 585	0.100 9	不平稳
$D2(\ln P)$	-5.818 749	-3.081 002	0.000 3	平稳
$\ln A$	-1.510 184	-3.052 169	0.504 4	不平稳
$D(\ln A)$	-3.198 835	-3.065 585	0.039 2	平稳
$\ln T$	-1.522 891	-3.052 169	0.498 2	不平稳
$D(\ln T)$	-3.728 061	-3.065 585	0.014 5	平稳

由表 2 的 ADF 检验结果可知,所有原始变量均是不平稳的, $\ln I$ 、 $\ln A$ 、 $\ln T$  经过一阶差分后序列变得平稳, $\ln P$  经过二阶差分后变得平稳,所有变量符合协整检验的条件。

要对数据进行平稳性检验。利用 Eviews10 对所选取的所有变量进行单位根检验,检验结果如表 2 所示。

#### 2.1.2 协整检验

根据表 2 的检验结果,各变量满足协整检验条件,本文利用 E-G 两步法进行协整检验,检验结果图表 3 所示。

表 3 E-G 两步法协整检验结果  
Table 3 E-G two-step co-integration test results

变量	系数	标准误差	t 统计量	显著性水平
$\ln P$	-0.097 166	0.012 407	-7.831 565	0.000
$\ln A$	1.159 056	0.017 934	64.630 650	0.000
$\ln T$	1.047 402	0.070 923	14.768 070	0.000
$R^2$	0.999 091	/	/	/
调整后 $R^2$	0.998 969	/	/	/
回归的标准差	0.018 308	/	/	/
残差平方和	0.005 028	/	/	/
对数似然估计值	48.107 070	/	/	/
DW 统计量	0.471 106	/	/	/
因变量均值	/	/	/	9.045 890
因变量标准差	/	/	/	0.570 288
赤池信息量	/	/	/	-5.011 897
施瓦茨准则	/	/	/	-4.863 501
H-Q 信息准则	/	/	/	-4.991 435

由表 3 可知,调整后的  $R^2$  为 0.99,各变量 P 检验值均为 0,通过协整检验。利用 Eviews10

对各变量进行回归,将得到的残差时间序列进行 ADF 检验,如表 4 所示。

表 4 残差序列 ADF 检验结果

Table 4 ADF test results of residual sequence

ADF 值	临界值			P 检验值
	1%	5%	10%	
-3.401 097	-4.004 425	-3.098 896	-2.690 439	0.029 4

由表 4 可知,残差序列的 ADF 值为-3.401 097,小于 5%显著性水平下对应的值(-3.098 896),则人口、人均 GDP 以及单位能耗等变量间存在长期均衡关系,P 检验值为 0.029 4,通过检验,可以进

表 5 多元线性回归结果

Table 5 Multiple linear regression results

lnI	系数	标准误差	t	P>t	变量膨胀因子
lnP	0.966 187 2	0.053 028 8	18.22	0.000	29.76
lnA	1.000 718 0	0.008 590 6	116.49	0.000	38.85
lnT	0.993 250 1	0.013 721 0	72.34	0.000	5.42
常数	-6.674 164 0	0.332 508 8	-20.07	0.000	—

由表 5 可知,各自变量的系数均接近于 1, $P>t$  值均为 0,但 lnA 与 lnP 的 VIF 值(变量膨胀因子)均大于 10,则变量之间存在多重共线性。为解决多重共线性问题,本文运用 lasso 回归。图 3 为 lasso 回归的系数路径图。

lasso 回归分析估计结果详见表 6。

由 lasso 回归所得到各变量之间的关系式为:

$$\ln I = -6.917 + 0.980 \ln P + 1.011 \ln A + 0.933 \ln T \quad (5)$$

由式(5)可以看到,各变量系数均为正值,且接

表 6 lasso 回归分析估计结果

Table 6 Estimate results of lasso regression analysis

ID	描述	Lambda	非零系数的数量	样本外 $R^2$	变异系数平均预测误差
1	first lambda	0.550 317 0	0	0.107 3	0.340 110 9
70	lambda before	0.000 896 9	3	0.999 9	0.000 039 4
* 71	selected lambda	0.000 817 2	3	0.999 9	0.000 035 0

近于 1,则影响新疆能源消耗的各因素对其影响程度均较大,人口、人均 GDP、技术进步等影响因素对新疆能源消耗均存在正相关关系,其影响程度之间的差异不明显。人口每增加 1%,能源消耗量增加 0.996%,人口的增加会造成住房、交通等需求增长,能源消耗也相应增加。人均 GDP 是对新疆能源消耗影响最大的因素,人均 GDP 每增加 1%,能源消耗量增加 1.011%,说明新疆的富裕程度并没有达到可以降低能源消耗的水平。新疆近

行回归分析。

## 2.2 回归分析

基于 STIRPAT 模型,运用 stata16 软件根据式(3)做多元线性回归,结果如表 5 所示。

由表 5 所示的多元回归结果可以得到回归方程为:

$$\ln I = -6.674 + 0.966 \ln P + 1.001 \ln A + 0.993 \ln T \quad (4)$$

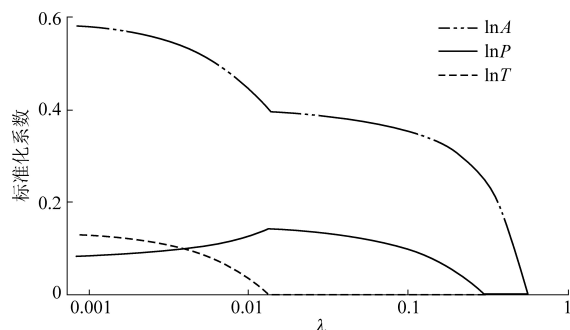


图 3 lasso 回归的系数路径

Fig.3 Coefficient path of lasso regression

些年来经济发展较快,但经济发展与能源消耗没有脱钩,经济增长的同时,能源消耗量也在增长。技术进步每增加 1%,能源消耗增加 0.993%,由此可见技术的进步会增加新疆能源的消耗。新疆在技术创新方面有待提高,要加大绿色低碳技术的发展。

如表 6 所示,根据交叉验证的调节参数的最优取值为 0.000 817 2,共有 3 个非零回归系数。相应的样本外  $R^2$  为 0.999 9,变异系数平均预测误

差为 0.000 035。公式(5)能够很好的反映整体的拟合结果。

### 3 结论与建议

#### 3.1 结论

本文概述了 2001~2018 年新疆的能源消耗变化情况,基于 STIRPAT 模型,利用 lasso 回归方法对 2001~2018 年新疆能源消耗的影响因素进行分析,得出以下结论:

(1)新疆的能源消耗总量总体上呈现上升趋势,占全国比重总体也呈增长趋势。影响能源消耗的各因素中,人口数量与人均 GDP 基本呈现增长变化趋势,单位 GDP 能效总体呈现下降的变化趋势。

(2)以能源消耗作为环境压力指标,研究影响新疆环境压力的各影响因素及其影响程度,结果发现新疆能源消耗受到人口、人均 GDP、技术进步等的影响,且这些影响因素与能源消耗之间均呈现正相关关系。各影响因素中,人均 GDP 对能源消耗的影响程度较其他因素程度较高,但总体差异较小,各影响因素与能源消耗之间的比值关系均接近于 1。

#### 3.2 建议

(1)2001~2018 年新疆能源消耗量一直呈现上升趋势,且新疆能源消耗占全国能源消耗比重也一直在上升。新疆经济的发展与能源消耗之间并没有脱钩,经济的增长依靠能源的消耗,因此,要转变经济发展方式,发展绿色经济,推进产业结构转型,还要节约能源,发展能源技术。

(2)新疆人口数量相较于其他省市来说并不多,但人口数量的增长对能源的消耗是具有促进作用的,因此,要改变人们的生活方式,引导增强人们保护自然与环境的意识,生活中注重环保,尽可能使用清洁能源。

### 参考文献

[1] 吴敬锐, 杨兆萍, 阿达衣·赛肯. 基于 STIRPAT 模型分析新疆能源足迹的影响因素 [J]. 干旱区地理, 2011, 34 (1): 187-193.

[2] 王兴民, 王强, 董洁芳. 基于灰色关联模型的能源消费与经济增长的关系——以新疆为例 (英文) [J]. 中国科学院大学学报, 2017, 34 (5): 598-609.

[3] 龚新蜀, 王世英, 胡志高. 新疆能源消费、结构调整与经济增长的动态计量分析——兼论新疆经济发展的困境与破除 [J]. 科技管理研究, 2017, 37 (5): 222-228.

[4] 宋锋华, 王峰, 罗夫永. 中国能源消费与经济增长研究;

1978~2014 [J]. 新疆社会科学, 2016 (6): 23-30+167.

[5] 何则, 杨宇, 宋周莺, 等. 中国能源消费与经济增长的相互演进态势及驱动因素 [J]. 地理研究, 2018, 37 (8): 1528-1540.

[6] 王永刚, 王旭, 孙长虹, 等. IPAT 及其扩展模型的应用研究进展 [J]. 应用生态学报, 2015, 26 (3): 949-957.

[7] Shahbaz M, Loganathan N, Shbia R, et al. The effect of urbanization, affluence and trade openness on energy consumption: A time series analysis in malaysia [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 47 (11): 683-693.

[8] Shoufu Lin, Dingtao Zhao, Dora Marinova. Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2009, 29 (6): 341-347.

[9] 王长建, 张虹鸥, 叶玉瑶, 等. 广东省能源消费碳排放的多变量驱动因素——基于扩展的 STIRPAT 模型 [J]. 科技管理研究, 2017 (3): 210-214.

[10] 谭俊涛, 张平宇, 李静, 等. 基于协整理论和 STIRPAT 模型的中国城市化对能源消费的影响研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30 (9): 1-6.

[11] 谢哲宇, 黄庭, 向京, 等. 基于 STIRPAT 模型的南昌市城市扩张时空动态研究 [J]. 南昌大学学报 (理科版), 2018, 42 (6): 588-595.

[12] 陆冉. 基于 STIRPAT 模型的土地扩张驱动力研究——以皖江城市带承接产业转移示范区为例 [J]. 湖北农业科学, 2018, 57 (19): 67-71+120.

[13] 彭海泉, 邹艳红. 基于 STIRPAT 模型的长株潭城市建设用地扩展驱动因素分析 [J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41 (6): 149-152.

[14] 刘兴华, 廖翠萍, 黄莹, 等. 基于 STIRPAT 模型的广州市建筑碳排放影响因素及减排措施分析 [J]. 可再生能源, 2019, 37 (5): 769-775.

[15] 沈菊琴, 马玲利. 基于 STIRPAT 模型的水利工程建设对碳排放的影响研究 [J]. 资源开发与市场, 2019, 35 (1): 26-31.

[16] 王兆峰, 廖红璐. 基于 STIRPAT 模型的长株潭城市群交通碳排放的影响因素及其区域差异 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2019, 42 (5): 1-9+33.

[17] 史芳, 包景岭, 李燃. 基于 STIRPAT 模型的天津市水环境污染影响因素分析 [J]. 环境监测管理与技术, 2019, 31 (6): 64-67.

[18] 胡家僊, 管宏友. 基于 STIRPAT 模型和 Tapio 脱钩模型的废水排放驱动因素研究——以重庆市为例 [J]. 环境污染与防治, 2018, 40 (3): 355-359.

[19] WANG Yanan, ZHAO Tao. Impacts of energy-related CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from under developed, developing and highly developed regions in China [J]. Ecological Indicators, 2015, 50: 186-195.

[20] 邢红. 长江经济带能源消费碳排放的多变量驱动因素研究——基于扩展 STIRPAT 模型 [J]. 资源开发与市场, 2020, 36 (4): 337-343.

[21] 汪菲, 王长建. 新疆能源消费碳排放的多变量驱动因素分析——基于扩展的 STIRPAT 模型 [J]. 干旱区地理,

- 2017, 40 (2): 441-452.
- [22] 刘书玲, 曹庆仁, 郑卫. 政府支出与碳排放的影响因素分析——基于 STIRPAT 拓展模型的面板实证 [J]. 中国煤炭, 2018, 44 (10): 28-32.
- [23] 李华, 马进. 环境规制对碳排放影响的实证研究——基于扩展 STIRPAT 模型 [J]. 工业技术经济, 2018, 37 (10): 143-149.
- [24] EHRlich P R, HOLDREN J P. Impact of population growth [J]. Science, 1971, 171 (3977): 1212-1217.
- [25] HOLDREN J P, EHRlich P R. Human population and the global environment [J]. American Scientist, 1974, 62 (3): 282-292.