

引用格式: 谢品杰, 穆卓文. 中国省际能源尾效及其影响因素[J]. 资源科学, 2019, 41(5): 847-859. [Xie P J, Mu Z W. Measurement and influencing factors of the growth drag of energy in China[J]. Resources Science, 2019, 41(5): 847-859.] DOI: 10.18402/resci.2019.05.03

中国省际能源尾效及其影响因素

谢品杰, 穆卓文

(上海电力大学 经济与管理学院, 上海 200090)

摘要: 研究能源尾效的影响因素, 探究能源尾效的约束机制, 能为当前中国破解经济发展难题提供新思路。本文采用省际面板数据, 运用偏最小二乘法测算了中国30省(市、区)1997—2016年间各期能源尾效, 利用动态面板模型对全国及分组层面的尾效影响因素展开实证分析。研究表明: ①中国存在着能源尾效的约束问题, 且在不同发展时期呈现出阶段性特征。②全国层面回归结果显示, 尾效滞后项、产业结构、经济发展水平和能源价格对能源尾效的增长具有显著的正向推动作用, 而科技投入水平、城市化水平和能源结构对能源尾效具有负向贡献, 有利于尾效的削减。③分组层面回归结果显示, 尾效滞后项、经济发展水平和能源价格仍为推动尾效增长的不良因素所在, 而产业结构、科技投入水平、城市化水平和能源结构则在不同的组别呈现出差异性作用效果。根据研究结论, 本文从经济发展质量、能源市场价格调控以及城市化发展等方面提供建议, 以寻求合理削减尾效的路径。

关键词: 能源尾效; 影响因素; 面板数据; 偏最小二乘法; 系统GMM

DOI: 10.18402/resci.2019.05.03

1 引言

全球第二次石油危机以来, 能源作为重要的战略资源备受世界瞩目, 作为世界上最大的能源生产国和消费国¹⁾, 中国经济依赖能源获得了高速发展。据统计, 2017年中国能源消费总量同比增长2.8%, 占全球能源消费总量的23.2%和全球能源消费增长的33.6%, 连续17年位于全球能源增长榜首²⁾。基于粗放型的高耗能低附加值生产模式而滋生的能源紧缺和结构问题已成为可持续发展的瓶颈所在。庞大的能源需求与有限的能源总量之间的矛盾愈演愈烈, 加之在能源消费过程中造成的环境恶化, 不可避免地产生了能源有限性对经济增长的约束作用, 此种现象称之为“尾效”(Growth Drag)^[1]。高约束尾效会严重影响经济发展进程, 阻碍经济活力。国家发改委印发的“十三五规划”中将建设现代能源体系

作为维护国家能源安全的重大战略部署, 严格实行能源消费总量和能源强度双控制政策。同步推动能源供给、消费、技术、体制革命等重大任务, 以减少经济增长对能源的依存度, 促进二者协调发展。因此, 在能源约束趋紧的当下, 研究能源尾效的影响因素及其破解路径, 对于中国经济的可持续发展具有重要意义。

国外学者最早对尾效问题展开研究, 通过构建涵盖资源要素的柯布—道格拉斯函数来测算尾效, 并剖析过分依赖资源环境而产生的问题, 研究表明尾效作为一种潜在约束力对于经济增长的阻碍作用应引起重视^[2-5]。国内学者对于尾效的研究则起始于水资源及土地资源的尾效定量分析^[6-8]。随着研究的深入, 部分学者将能源纳入研究范畴, 对水、土地和能源等资源进行综合尾效测算分别

收稿日期: 2018-11-21; 修订日期: 2019-02-13

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(71103120; 51507099); 上海市社科规划一般项目(2018BGL019)。

作者简介: 谢品杰, 男, 浙江永嘉人, 副教授, 博士, 从事能源经济研究。E-mail: yjzxpj@163.com

通讯作者: 穆卓文, E-mail: wlh_hlqk@126.com

1) 国际能源署(IEA)数据显示, 中国已于2009年在能源消费总量上超越美国跃居世界首位, 并于2011年成为第一大发电国。

2) 数据来源为《BP世界能源统计年鉴》2018版(https://www.bp.com/zh_cn/china/reports-and-publications/_bp_2018_.html)。

得到相应的尾效值。研究表明,能源对经济增长和城市化尾效作用不容小视,若仍继续沿用过往的资源利用方式将难以达到既定的城市化和经济增长目标,因此应高度重视发展中的能源尾效问题^[9,10]。为此,不少学者将目光聚焦于能源层面,现阶段针对能源约束的研究主要立足于地理区域和能源结构方面:①特定地理区域的能源尾效。许冬兰等^[11]讨论了能源约束对山东省经济发展与城市化的影响;李影^[12]和曹翔等^[13]先后将研究的地理范围拓宽到中国的东中西3个经济带,测算出了各经济带的尾效情况。②能源结构的尾效问题。李影等^[14]对不同能源组成分别进行测算,得到煤、石油和天然气等品类的尾效值,发现不同品类尾效对经济发展的影响显著不同;在此基础上,米国芳等^[15]将制约经济增长的碳排放因素分别和煤、石油、天然气进行两两组合的尾效测算,得出能源尾效在如今经济发展中已处于重要制约地位的结论。除上述研究内容以外,还有学者针对海洋资源以及农业尾效展开深入探讨^[16,17]。

已有的研究表明,能源有限性所造成的经济增长约束在中国广泛存在。但关于能源尾效的研究仍存在如下3点局限性:第一,对其测算多基于“规模报酬不变”假设,假设条件过强,可能造成估计有偏。第二,对其测算多基于时间序列并以历年均值来衡量。虽然理论上可行,但考虑到改革开放以来,政策、制度及国内外经济环境的变化,历年均值难以衡量不同时期、不同地区由于不可观测原因而产生的变量间的动态变化关系^[18],不利于探索尾效的动态发展规律。第三,现有研究对于尾效数值测算较多,对影响因素的探寻较少。多数研究在尾效测度后用定性的方法提出政策建议,缺乏可靠的实证检验,不利于寻找合理破解尾效的方法。

鉴于上述不足,本文以Romer经典假设为基础,释放规模报酬不变的限定条件,利用偏最小二乘法测度中国30省(市、区)1997—2016年各期能源尾效。识别构成尾效的影响因素,并采用动态面板模型对全国及分组层面展开实证分析,通过对尾效破解路径的探究,有利于中国能源的全局化建设,保障经济发展的行稳致远。

2 中国各省(市、区)能源尾效测算

2.1 经济增长的能源尾效模型

Romer^[1]基于柯布—道格拉斯生产函数建立了考虑自然资源和土地在内的尾效测算模型。本文将经典测算模型简化为仅考虑一次能源的形式,并释放规模报酬不变的限定,建立模型如下:

$$Y(t) = K(t)^{\alpha} E(t)^{\beta} [L(t)H(t)]^{\gamma} \quad (1)$$

式中: t 为年份, $Y(t)$ 为经济产出, $K(t)$ 为资本投入, $E(t)$ 为能源消耗, $L(t)$ 为劳动力, $H(t)$ 表示知识有效性, α 、 β 、 γ 分别为资本、能源和劳动力及知识有效性的弹性系数,且满足 $\alpha > 0$ 、 $\beta > 0$ 、 $\gamma > 0$ 。对式(1)的等式两边同时作自然对数变换,得到:

$$\ln Y(t) = \alpha \ln K(t) + \beta \ln E(t) + \gamma [\ln L(t)H(t)] \quad (2)$$

根据Solow模型的基本假设^[19],式(2)两边同时对时间求导所得到的某变量的对数即为该变量的增长率,因此可得经济增长方程:

$$g_Y(t) = \alpha g_K(t) + \beta g_E(t) + \gamma [g_L(t) + g_H(t)] \quad (3)$$

式中: $g_X(t)$ 表示变量 X 的增长率。根据平衡增长路径的假设可知经济产出与资本投入的增长率相等,于是有 $g_Y(t) = g_K(t)$, $g_L(t)$ 取劳动增长率 n , $g_H(t)$ 取技术进步增长率 g 。

当前对于 $g_E(t)$ 的设定不一,本文基于现有研究进行合理改进。提出假设如下:在具有能源约束的情况下,借鉴刘耀彬等^[9]的设定方法,认为中国能源总量一定,此时能源增长率 $g_E(t) = 0$;在不受能源约束的情况下,经典尾效理论^[1,6]将其界定为单位劳动力平均拥有资源数量保持不变的情形,即 $g_E(t) = n$ 。但鉴于在观测时间内,除个别年份以外,无论以能源生产增长率还是能源消费增长率衡量的能源发展增长速度均高于劳动增长率 n 。为避免尾效测算失真,本文认为以中国能源发展现状作为不受约束的前提更能体现中国能源发展的实际情况,故设定 $g_E(t) = e$, e 为能源消费总量增长率。

本文根据能源约束存在与否两种情况下,经济增长速度的差值测算能源对经济增长的制约程度。将 $g_Y(t) = g_K(t)$, $g_L(t) = n$, $g_H(t) = g$ 及有无约束下的 $g_E(t)$ 值分别代入式(3)可得:

$$g_{Y1}^{bsp} = \gamma(n+g)/(1-\alpha) \quad (4)$$

$$g_{Y2}^{bsp} = [\beta e + \gamma(n+g)]/(1-\alpha) \quad (5)$$

2019年5月

式中: g_{y1}^{bgp} 和 g_{y2}^{bgp} 分别为能源有约束和无约束条件下沿平衡路径上的经济产出。对式(4)和式(5)分别计算单位劳动力平均产出增长率,并对其做差值,得到能源对经济增长的尾效值 $Drag$ 为:

$$Drag = \beta e / (1 - \alpha) \quad (6)$$

由式(6)可知,能源消费总量增长率 e 和能源消耗弹性系数 β 对尾效值起直接影响。 e 越大,表明能源消耗加快,能源尾效对经济的阻碍作用越强;而 β 越大,表明对能源的依赖度越高,尾效值随之增大。

2.2 各省(市、区)能源尾效测算

本文从《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》采集1997—2016年的年度数据作为待估样本。利用各省份的GDP(亿元)和能源消费总量(万吨标准煤)分别代表经济产出(Y)和能源(E),用社会从业人员总数(万人)来表示劳动力(L)和知识有效性(H),用资本存量作为资本投入(K)的指标。但因各省历年资本存量尚无官方数据,故本文在单豪杰^[20]对资本存量数据测算的基础上延伸至2016年。GDP(亿元)与资本存量的估算数据(亿元)均为以2000年为基期的不变价。

在上述数据通过单位根和协整检验的基础上,本文采用偏最小二乘回归法(PLS, Partial Least—Squares Regression)对式(2)进行拟合回归,得到1997—2016年间30省(市、区)(因数据缺失未包括西藏、台湾、香港和澳门)的资本弹性系数 α 与能源弹性系数 β ,软件由SIMCA支持。将20年间各期能源消费总量增长率的计算数据和上述弹性系数代入式(6),得到各省(市、区)20年间各期尾效测算值。表1和图1展示了中国省际能源尾效值的时变特征,由于数据量庞大,故表1仅列出期间5年的尾效测算值与20年的平均值。

为更好地探究尾效的变化趋势,图1利用堆积折线图展示了省际尾效逐一累积的情形。右侧图例从下至上为尾效值升序对应的省(市、区)序列,折线堆积次序与图例次序保持一致。越稀疏的部分代表相应省(市、区)当期尾效越大,越密集的部分代表相应尾效越小。可以看出,曲线稀疏性与波动性存在一定的规律,可归结为4个尾效发展阶段:

(1)低尾效期:1997—1999年

堆积线十分密集且无明显空隙与波动,所有省

表1 中国30个省(市、区)尾效测算数据

Table 1 Measurement data of growth drag in 30 provinces in China

	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林	黑龙江	上海	江苏
1997	-0.006	-0.015	0.008	-0.010	0.100	-0.028	0.029	0.053	0.028	-0.010
2002	0.07	0.029	0.076	0.098	0.092	-0.003	0.109	0.058	0.059	0.055
2007	0.092	0.079	0.059	0.064	0.077	0.121	0.090	0.067	0.088	0.067
2012	0.037	0.065	0.017	0.034	0.031	0.042	0.031	0.048	0.008	0.030
2016	0.023	-0.001	0.010	0.001	0.016	-0.034	-0.013	0.011	0.028	0.018
历年平均	0.046	0.051	0.045	0.035	0.056	0.050	0.031	0.033	0.048	0.048
	浙江	安徽	福建	江西	山东	河南	湖北	湖南	广东	广西
1997	0.035	-0.019	0.01	-0.006	-0.001	0.005	0.038	-0.067	0.017	0.007
2002	0.091	0.03	0.072	0.068	0.099	0.045	0.055	0.09	0.065	0.018
2007	0.064	0.074	0.056	0.05	0.052	0.059	0.096	0.055	0.065	0.072
2012	0.009	0.058	0.025	0.026	0.027	0.015	0.064	0.02	0.014	0.042
2016	0.022	0.023	0.007	0.021	0.012	-0.001	0.026	0.012	0.021	0.022
历年平均	0.046	0.042	0.043	0.043	0.045	0.039	0.055	0.033	0.044	0.05
	海南	重庆	四川	贵州	云南	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
1997	0.059	0.084	-0.082	0.054	0.123	0.023	-0.098	0.006	0.002	0.070
2002	0.085	0.040	0.068	0.004	0.060	0.138	0.043	0.040	0.051	0.047
2007	0.081	0.107	0.062	0.063	0.044	0.107	0.096	0.047	0.033	0.114
2012	0.030	0.055	0.029	0.056	0.053	0.090	0.098	0.049	0.021	0.251
2016	0.019	0.030	0.016	0.017	0.016	0.035	-0.031	-0.003	0.013	0.054
历年平均	0.048	0.068	0.036	0.037	0.040	0.076	0.063	0.045	0.040	0.116

2019年5月

0.101和0.133。

(4)低尾效期:2012—2016年

该阶段堆积线十分密集,甚至存在堆积值小于0的情形,省际尾效之和低于0.500,平均尾效低于0.017,基本回落至1999年前的低尾效期水平。这主要由于多地政府出台了严格的环境规划和创新补贴政策,迫使并激励了各地生产型企业调整生产与决策、增强创新研发。期间大多省(市、区)能源生产增长率呈负增长,2015年中国能源消费总量增长不超过0.96%,能耗水平有所降低。与此同时,新能源在能源品类中开始占据更高的份额,2015年中国清洁能源产业投资增长率高达17%,已超过美国成为世界上最大的可再生能源生产国。正是由于经济增速持续换挡,能源结构调整不断强化,市场化改革稳步推进等内外部环境的组合叠加作用,促使省际尾效与前一时期相比获得了整体下降。尽管20年以来中国能源需求量总体呈现增长趋势,但不可再生资源有限性所引致的能源尾效问题在该时期获得了初步缓解。

综上所述,20年间能源尾效总体经历了低尾效期、高尾效期、振荡调整期和低尾效期4个阶段。随着中国经济步入新时代,尾效虽与早先相比趋于弱化,但仍是经济增长的掣肘所在。伴随着中国经济转型的推进,大规模存在的能源约束问题能否在较短时间内有所下降并最终获得彻底解除呢?对此问题的回答,需要我们首先对影响尾效的因素进行识别并作定量分析,剖析各因素影响尾效的作用机理,从中寻找解决之道。

3 变量选取与实证模型

3.1 变量选取

结合中国目前经济发展与能源利用状况,本文对能源尾效影响因素的选取如下,相关数据来自1998—2017年《中国价格统计年鉴》及各省(市、区)统计年鉴,变量的统计描述如表2所示。

(1)尾效滞后项。由于尾效可能存在动态积累的特征,即本期能源尾效不仅在当期产生效应,对下一期甚至后几期的尾效形成均产生影响,因此将尾效的一阶滞后项纳入解释变量进行考察。其测算方法已在本文第二部分进行阐述。

(2)产业结构。第三产业对尾效的影响可能存在正反两方面。一方面“三产”规模的扩大意味着“一产”和“二产”规模的相对减少,经济发展对能源依赖度降低,此情况下可初步断定能源尾效将有所下降。另一方面,“三产”虽具有低能耗的特点,但21世纪以来,第三产业的能源碳排放量和能源消费量呈现迅速上升的趋势,其究竟是经济发展的“结构红利”还是“成本病”在国内外始终存在争议^[21,22]。本文采用第三产业增加值占区域生产总值的比重作为代理指标。

(3)城市化水平。中国城市化率预计在2030年将达到70%,而城市化进程对尾效也可能存在正反两方面作用:一方面城市化是经济逐渐发展壮大的产物,其提倡集约型的高效益发展模式可削减尾效;另一方面,城市化推进过程中可能存在违背城市化发展规律、盲目推进城市化等问题。本文采用城镇人口占总人口的比重作为代理指标。

(4)科技投入水平。创新作为引领发展的第一动力,科技投入可以促进技术创新,进而提高能源利用效率,节省能源消耗量,从而减缓尾效的增长。本文采用财政科技支出占地方财政支出总额的比重作为代理指标。

(5)经济发展水平。能源与经济增长紧密联系,目前中国经济总量保持着长期稳步上涨趋势,但近些年GDP增速换挡,增长率由2006年的12.7%减缓至2017年的6.9%。当前增速回落反映了我国经济发展的阶段转换,也一定程度上反映了资源要素依赖模式的转变。为此,本文采用GDP增速表征经济增长水平对能源尾效的影响。

(6)能源价格。能源价格是调节能源供需、结构和效率的关键因素所在。理论研究表明,能价的升高通过要素替代能够促进能源效率的提升,进而降低能源消耗强度,使资本能效和产出能效获得提升^[23,24]。本文利用能源价格相对指数作为替代指标,通过能源价格指数和社会零售价格之比计算得出。

(7)能源结构。能源结构性矛盾是制约能源发展的主要因素,对尾效具有较大影响。研究表明,一热量单位的电能做功远高于一热量单位的煤炭或石油,随着化石能源的枯竭,电能替代规模将逐渐扩大,提高电气化水平将成为优化能源结构,改

表2 变量统计描述

Table 2 Variable descriptive statistics

变量	单位	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
尾效滞后项	—	600	0.048	0.052	-0.131	0.258
产业结构	%	600	0.400	0.080	0.254	0.802
城市化水平	%	600	0.479	0.158	0.215	0.896
科技投入水平	%	600	1.848	1.119	0.390	7.200
经济发展水平	%	600	0.111	0.044	-0.025	0.238
能源价格	—	600	1.013	0.055	0.846	1.185
能源结构	%	600	0.251	0.084	0.096	0.569

善能源技术的必要途径。本文以电力消费量占能源消费总量的比重作为代理指标。

3.2 实证模型

本文采用尾效 $Drag$ 作为被解释变量,以尾效一阶滞后项 $Drag(-1)$ 、产业结构 $IS3$ 、城市化水平 UZS 、科技投入水平 RD 、GDP 增速 ΔGDP 、能源价格 EP 和能源结构 ES 作解释变量。为保证模型系数的经济学含义,本文对变量均作了对数变换。需要注意的是,在当期能源增长率为负的情况下,尾效测算值也为负值,不符合直接构建对数函数的条件。因此,本文参考 Yeyati 等^[25]的做法,对尾效数据进行如式(7)所示的处理。构建计量模型如下:

$$\begin{aligned} \ln(1 + Drag_{it}) = & \beta_1 \ln(1 + Drag_{it-1}) + \beta_2 \ln IS3_{it} \\ & + \beta_3 \ln UZS_{it} + \beta_4 \ln RD_{it} \\ & + \beta_5 \ln \Delta GDP_{it} + \beta_6 \ln EP_{it} \\ & + \beta_7 \ln ES_{it} + \beta_0 + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (7)$$

式中: i 表示省(市、区), t 表示年份, β_0 为常数项, β_{1-7} 为解释变量的系数集合, ε_t 为随机扰动项。

4 实证结果与分析

4.1 总样本单位根检验与协整检验

为使实证分析结果科学可信,本文选用 LLC 检验、IPS 检验、ADF-Fisher 检验和 PP-Fisher 检验方法对原数据序列及其一阶差分序列进行单位根检验。检验结果显示所有变量一阶差分序列均在 1% 显著性水平上拒绝了“存在单位根”的原假设,可认为各变量均为一阶单整 $I(1)$ 序列。进一步地,采用基于 Engle-Granger 两步法的 Kao 检验对上述变量进行协整检验。检验结果显示:ADF 统计量数值为 -2.214,概率值 P 为 0.013,各变量间存在着长期协整关系,可进行回归估计。

4.2 总样本系统 GMM 回归

动态面板由于在解释变量中包含了被解释变量的滞后期,并利用矩估计解决了传统静态面板模型在引入变量动态影响后产生的内生性问题,因此具有较佳的估计效果。其主要包含差分 GMM、水平 GMM 和系统 GMM 等 3 种类型;系统 GMM 又可分为一步估计(One-step GMM)和两步估计(Two-step GMM),但实践证明一步估计法更为有效^[26,27]。本文在采用系统 GMM 一步法的基础上,利用 Sargan 检验和 AR(2)检验分别识别工具变量有效性和残差项的二阶自相关问题,并将静态面板模型估计结果作为参考对比以考察模型稳健性。回归结果如表 3 所示。

由表 3 可知,各模型参数符号及大小可相互印证,变量大多呈现显著水平,2 种检验的 P 值均显示不拒绝“所有工具变量都有效”和“扰动项不存在二阶自相关”的原假设。因此,本文数据集采用系统 GMM 模型具备有效性。通过对回归结果分析可知:

(1)尾效滞后项 $Drag(-1)$ 。滞后项的弹性系数达到了 0.435,对尾效的影响非常显著。这说明能源尾效在时间上具有累积传递效应,如当期尾效未能有效破除将在后期产生累积,拉动下一期尾效的增长,从而耗散更多的经济投入来打破能源尾效的束缚。

(2)第三产业比重 $IS3$ 。三产比重上升对尾效具有显著的拉动作用,每增加 1%,能源尾效随着上升 0.036%。事实上,第三产业的“鲍莫尔成本病”已被众多学者证实^[28],当资源向生产率相对滞后的第三产业部门流动时,资源利用效率下降,经济增长将受到阻碍。目前中国的第三产业增加值占 GDP

2019年5月

表3 中国省份总体的系统GMM回归结果

Table 3 System GMM (generalized method of moments) regression results at the national level

	混合效应模型	固定效应模型	随机效应模型	系统GMM模型
$\ln[1+Drag(-1)]$	0.338*** [6.20]	0.254*** [4.04]	0.338*** [3.99]	0.435*** [7.91]
$\ln IS3$	0.025* [1.70]	0.034 [1.38]	0.025* [1.70]	0.036** [1.98]
$\ln UZS$	-0.011 [-1.39]	-0.028** [-2.27]	-0.011 [-1.35]	-0.016 [-1.44]
$\ln RD$	-0.006 [-1.58]	-0.014* [-1.86]	-0.006** [-1.99]	-0.009* [-1.67]
$\ln \Delta GDP$	0.034*** [2.73]	0.043** [2.68]	0.034*** [2.72]	0.021** [2.46]
$\ln EP$	0.249*** [6.03]	0.244*** [5.92]	0.249*** [6.56]	0.280*** [7.07]
$\ln ES$	-0.014 [-0.82]	-0.011 [-0.23]	-0.014 [-0.97]	-0.011 [-0.33]
β_0	0.127*** [3.29]	0.148*** [3.03]	0.127*** [3.32]	0.099*** [3.27]
AR(2)检验	/	/	/	0.202
Sargan 检验	/	/	/	0.499

注:表中[]中数字为 t 统计量,***、**、*分别表示在1%、5%和10%的概率水平上拒绝系数为零的原假设。

比重已超过一半,并以8%左右的速度增长³⁾,在量上似乎达到了绝对优势。但鉴于“三产”劳动生产率相对滞后和价格弹性小的特征,第三产业增加值上涨可能是一种“伪增长”情形,以致其内部发展质量的欠缺以及对经济增长的阻碍易被忽视^[29]。同时由于三次产业间的内在联动性,受服务业增长而引致的非服务行业能源消费量亦在增加。因此,作为度量资源利用对经济增长阻滞作用的尾效,在第三产业“成本病”凸显的情况下,则显现出被拉动的趋势。

(3)城市化水平 UZS 。城市化水平对能源尾效产生不显著的负向作用。这说明随着中国城市要素配置质量的不断提升,能源资源在全国层面形成了初步的整合利用^[30],对尾效具有一定的抑制作用。但鉴于中国城市化进程起步较晚,历史遗留原因和差异性阻碍较多,在全国层面尚未表现出显著性。

(4)科技投入水平 RD 。科技投入与能源尾效具有显著的负相关性,每提高1个百分点,尾效相应减少0.009个百分点。这主要由于中国对于创新驱动战略的重视,能耗水平有所降低,同时在全国范围内的科技资源配置较为合理、高效,从而抑制了

尾效的增长。

(5)GDP增速 ΔGDP 。GDP增速与能源尾效呈现显著的正相关性,其正向贡献度为0.021%。中国目前尚未完全摆脱高耗能高污染物排放的经济增长模式,经济的快速增长带动能源消费量显著升高,而能源消费总量增长率的升高会直接导致尾效的增加。因此,提升发展质量,转化新旧动能,对于控制尾效的增长极为重要。

(6)能源价格 EP 。值得注意的是,能源价格相对指数对尾效表现为显著的拉动作用,其正向贡献度高达0.280%。一方面,由于中国能源市场价格存在明显不合理和严重低估问题,能源价格的提升难以有效发挥价格传导机制,未能明显降低能源强度^[31,32]。另一方面,能源价格的提升可能引致能源生产者产生“绿色悖论”,面对未来可能持续上升的能源投入成本,短期内加大能源消耗,推动能源消费量的快速上升,进而表现为能源资源对经济增长的约束效应愈发明显。

(7)能源结构 ES 。电力消费量占比对尾效表现为不显著的削弱作用。主要原因在于:电力行业建设常常与经济增长呈现同步性,当前发电侧的电力

3)数据来源于国家统计局数据,2014—2017年中国第三产业国内生产总值增速分别为7.8%、8.3%、7.8%和7.8%。

能源结构仍以传统的燃煤火力机组为主,作为传统能源替代供给的新能源又普遍存在着“三弃(弃风弃光弃水)”的问题,致使电气化水平的提升对一次能源的良性替代作用尚未表现出显著性。

5 分组层面的异质性分析

在运用上述解释变量数据来分析能源尾效的作用关系时,潜在地假定各省(市、区)具有相同的能源禀赋和发展路径,但这样的假定忽略了变量在不同省(市、区)内的异质性^[31]。鉴于此,本文以地理区域、能效水平和尾效程度作为分组依据分别探讨不同组别约束下的影响因素作用关系。分组情

况如表4所示。回归结果如表5所示。

根据表5可知,各组别均通过了AR(2)和Sargan检验,故系统GMM模型工具变量有效。从各组别的估计结果来看,组别间存在一定的同一性与异质性:

(1)尾效滞后项 $Drag(-1)$ 。各组别尾效滞后项均显著呈现与全国层面一致的尾效拉动作用,往期尾效的积累对当期尾效的正向作用较大。在地域分组层面,西部尾效滞后项的贡献度高达0.486%,远大于中、东部区域,这与西部地区以“西气东送”、“西电东送”为代表的能源消耗型经济发展模式有

表4 地理区域、能效水平和尾效程度分组情况

Table 4 Grouping of geographic region, energy efficiency level, and growth drag

分组	分组依据	类别	包含省(市、区)
地域	国民经济和社会发展第七个五年计划	东	北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南
		中	黑龙江、吉林、山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南
		西	内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆
能效	《中国统计年鉴》能效数据(1997—2016)	低	宁夏、山西、内蒙、贵州、青海、甘肃、新疆、河北、云南、吉林
		中	陕西、四川、黑龙江、河南、重庆、辽宁、湖南、安徽、湖北、山东
		高	天津、广西、北京、江西、浙江、上海、江苏、海南、广东、福建
尾效	本文尾效测度结果	低	吉林、黑龙江、湖南、山西、四川、贵州、河南、云南、宁夏、安徽
		中	福建、江西、广东、青海、河北、山东、北京、浙江、上海、江苏
		高	海南、辽宁、广西、天津、湖北、内蒙、甘肃、重庆、陕西、新疆

表5 按地理区域、能效水平和尾效程度分组的系统GMM回归结果

Table 5 System GMM (generalized method of moments) regression results grouped by geographic region, energy efficiency level, and growth drag

		$\ln[1+Drag(-1)]$	$\ln IS3$	$\ln UZS$	$\ln RD$	$\ln \Delta GDP$	$\ln EP$	$\ln ES$	cons	AR(2) Sargan
地域	东	0.260*** [3.98]	0.031 [1.51]	-0.021 [-1.26]	-0.002 [-0.30]	0.040*** [4.23]	0.216*** [4.68]	-0.006 [-0.19]	0.138*** [4.48]	0.350 0.815
	中	0.204*** [5.58]	0.136*** [6.36]	-0.033** [-1.90]	-0.002 [-0.17]	0.055*** [6.36]	0.353*** [3.95]	-0.014 [-0.16]	0.264*** [4.99]	0.308 0.378
	西	0.486*** [7.17]	-0.024 [-0.75]	-0.003 [-0.25]	-0.012 [-0.88]	0.025* [1.68]	0.248*** [3.82]	-0.047 [-1.16]	0.069 [1.45]	0.936 0.887
能效	低	0.333*** [5.78]	-0.001 [-0.53]	-0.025 [-1.41]	-0.045*** [-3.06]	0.036*** [2.82]	0.236*** [4.17]	-0.062 [-0.88]	0.111** [1.98]	0.188 0.138
	中	0.199*** [4.54]	0.086** [2.57]	-0.005 [-0.25]	0.007 [0.50]	0.025** [2.45]	0.486*** [6.87]	-0.134 [-1.26]	0.191*** [3.85]	0.778 0.242
	高	0.116** [2.23]	0.053*** [3.26]	-0.026** [-2.51]	-0.008 [-1.54]	0.071*** [6.87]	0.169*** [5.91]	-0.067** [-2.32]	0.253*** [7.94]	0.288 0.132
尾效	低	0.270*** [4.03]	0.058* [1.89]	-0.020 [-1.48]	-0.008 [-0.88]	0.033*** [3.03]	0.319*** [4.61]	-0.105 [-1.57]	0.167*** [3.97]	0.451 0.388
	中	0.088 [1.16]	0.038** [2.03]	-0.024* [-1.85]	0.002 [0.42]	0.071*** [4.69]	0.159*** [3.28]	-0.027 [-1.22]	0.224*** [5.08]	0.159 0.614
	高	0.445*** [6.96]	-0.011 [-0.32]	0.007 [0.53]	-0.013 [-1.43]	0.028** [2.04]	0.271*** [4.55]	0.013 [0.28]	0.088* [1.77]	0.646 0.471

注:表中[]中数字为 t 统计量,***、**、*分别表示在1%、5%和10%的概率水平上拒绝系数为零的原假设。

2019年5月

关。在能效分组层面,以宁夏、山西、内蒙、贵州等为代表构成的低能效组,其尾效滞后项的估计系数显著高于中、高效省(市、区),上一阶段尾效每多出1%,本期尾效值就将随之升高0.333%。表明低能效组由于能效技术以及能效管理的落后所导致的尾效积累效更为明显,能效技术水平亟待提升。在尾效分组层面,高尾效组滞后项的弹性系数高达0.445%,可见过往尾效的积累成为了高尾效约束的主要推动力。综合来看,尾效滞后期对西部地区、低能效和高尾效省(市、区)不良拉动作用更为显著,易形成恶性循环和“马太效应”,严重削弱了这些省(市、区)的发展空间,阻碍经济发展。

(2)第三产业比重 $IS3$ 。“三产”比重上升对各组别尾效具有差异性影响。在地域组别,“三产”的低碳优势在西部地区表现为对尾效的良性削弱作用,但在东、中部地区表现为对尾效的增加作用。这说明尽管东、中部服务化水平高于西部,但其结构红利正在逐渐消退,当“三产”的“成本病”成为地域产业结构调整显性因素时,将表现为尾效的增加,形成经济增长和结构调整之间的“负相关”关系。在能效和尾效组别,“三产”份额增加仍只对低能效和高尾效省(市、区)产生削弱作用,而对其他省(市、区)表现为显著的尾效拉动作用。在这些省(市、区)很可能存在着“三产”增加值比重小、服务业劳动生产率偏低和服务业高技术人才缺失的问题,因此单纯提高“三产”比重会对资源利用和经济增长形成不良影响。综合来看,“三产”比重提高所产生的结构红利只在西部、低能效和高尾效组显现为对尾效的良性削弱。其低能耗特性在产业结构水平较低的省(市、区)更易发挥作用,而在结构水平较高的省(市、区)则可能存在着产业结构过快服务化所导致的内部发展质量欠缺问题,因此急需转型为更为稳健的产业结构^[34]。

(3)城市化水平 UZS 。城市化水平提升对各组别尾效主要表现为良性抑制作用。在地域组别,由于中部的城市化进程处于边际效益较高的成长期,因此对尾效的削弱具有显著性;而东部城市化水平相对较高,其对于尾效削弱的边际效益正在衰减。西部城市化进程起步较低,人口空间的迁移可能导致基础设施重复建设的问题^[35],需进一步提升城市

改造和资源配置效率,因此尚未表现出显著性。在能效组别,对于能效技术较高的高能效组,在推进城市化过程中可通过较少的资源获得更多的建设效益,故表现为显著的尾效削减贡献。而低、中能效组受限于自身的能效水平缺陷,在城市化推进过程中需要耗费相对更多的能源投入,尚未显现出对尾效的显著削弱作用。在尾效组别,高尾效组的城市扩张方式可能存在着体量大、效率低的问题,从而促进了尾效的增长。综合来看,基于当前中国城市化发展不均的实际,不同组别在遵循城市化与能源消费之间“倒U形”关系的基础上^[36],稳步推进城市化进程可发挥对尾效的良性抑制作用。

(4)科技投入水平 RD 。科技投入水平提升对各组别尾效主要表现为良性抑制作用。在地域组别,科技投入水平的弹性系数为负但不显著,这说明中西部仍需要加大对科技发展的投入,增强创新驱动能力;东部地区的科技投入水平相对较高,但易出现科技资源配置的低效性,同时需改善财政科技支出存在的支出责任划分不清等问题。在能效和尾效组,科技投入水平对低能效和高尾效组的尾效削弱力度明显高于其他组别,这在一定程度上说明科技费用的支出比重对相关省(市、区)的能源消耗强度以及能效变动的贡献程度是最大的。但对于具有一定能效技术基础的中能效省(市、区),科技投入却呈现了对尾效的弱推动作用,可能存在着科技投入量达标,但科技成果产业化转化欠缺所导致的科技投入失效问题。这不仅会浪费财政资源,同时也在一定程度上对尾效和经济产生不良作用。综合来看,全国层面科技投入对尾效具有显著削弱作用,但部分省(市、区)的科技投入对能源尾效尚未产生显著效益,存在着投入力度欠缺,投入成效不高的问题。

(5)GDP增速 ΔGDP 。各组别GDP增速均显著呈现与全国层面一致的尾效拉动作用。在地域组别, ΔGDP 成为了东、中部地区最主要的尾效拉动因素。在能效组别,高能效组 ΔGDP 并未因其能效优势显现出低于低、中能效组的正向贡献,相反它对尾效的助增作用达到了0.071%。这可能由于中国存在的能源回弹效应所致,随着能源效率的提高,能源消费量不但不会降低,反而会有所上升;环

境质量没有得到提高,而需提升到一个更高的经济水平后才能达到平衡协调发展^[37,38]。因此,在此之前,高能效组都反而受制于其高能效优势。综合来看,囿于中国尚未完全摆脱高耗能高污染的经济增长模式,GDP增速对尾效助增作用相对较强,近年来GDP增速换挡无疑对尾效产生了有利控制作用。

(6)能源价格 EP 。各组别能源价格升高均显著呈现与全国层面一致的尾效拉动作用,在多数组别表现为主要拉动因素,组间差异性并不明显。由于各省(市、区)能源要素定价除煤炭外均采用政府成本加成的管制定价方式,因此能源市场价格难以有效反映真实的供需关系。在能源生产至消费过程中,广泛存在着对利益体的交叉补贴,使得各利益体在过往发展中较少考虑环境等外部成本而过多地消耗能源资源,限制了其利用效率的提升^[39]。只有当能价以市场供求关系为基础发生涨跌才能实现对能源强度和能源效率的有效调节,一旦市场失灵或能价被低估,则价格传导机制将会受阻,对尾效产生不利影响。

(7)能源结构 ES 。增加电力消费比重对各组别尾效主要表现为良性抑制作用。在地域组别,西部地区的尾效削减力度最大,东部地区最弱。这说明提升二次能源消费比重对东部地区尾效削减的边际效益同样正在衰减,对于自然资源禀赋优越的中西部地区却具有较强削减作用,但囿于能源品类尚未摆脱以煤炭为主的结构模式,因此显著性较差。在能效和尾效组别,高能效组的电力消费水平对尾效具有显著削减作用,而高尾效组可能由于相关省(市、区)在过往发展中更倾向于通过增加火力发电来满足电力消费增长,缺少更为清洁的二次能源形成方式,因此呈现了对尾效的拉动作用。综合三组回归结果来看,简单提升电气化水平来抑制能源尾效存在一定的局限性,应以提高能效水平、优化清洁发电模式为前提加强电力能源供给,逐渐形成能效技术和能源结构协同推进的尾效削减方法。

6 结论与建议

本文基于Romer的经典假设,在释放“规模报酬不变”约束的基础上测算得到中国1997—2016年30省(市、区)的能源尾效,并探究了中国能源尾效

的阶段性特征。识别尾效的影响因素,运用动态面板模型探讨了变量间的影响作用关系。具体结论如下:

第一,能源尾效的存在制约了经济增长的可持续性,且在不同发展时期呈现出阶段性特征。在20年间先后经历了低尾效期、高尾效期、振荡调整期和低尾效期4个阶段,近年来能源尾效回落至低位,但对经济增长的约束作用仍不容忽视。

第二,尾效一阶滞后项、GDP增速和能源价格对能源尾效的增长具有显著的正向推动作用,不利于对尾效的削减。无论于全国层面,抑或是于区域分组层面,此3种影响因素均呈现一致的回归结果(即作用方向的统一性)。其中,能源尾效滞后期形成的恶性积累十分严重,在西部地区、低能效和高尾效组所呈现的尾效动态效果尤为突出。

第三,第三产业比重、城市化水平、科技投入水平和能源结构针对不同组别呈现出差异性影响。第三产业与科技投入水平对于西部、高尾效或低能效组更具削减作用,城市化水平和能源结构则更多地表现为抑制尾效的增长,仅在高尾效组出现了不良拉动作用。

为此,本文提出以下4点建议:

其一,尾效的阶段性特征映射并印证了中国经济转型的迫切性和有效性。建议对不可再生能源有限性引致的尾效问题建立长效解决方案,在持续优化经济发展质量,强化能源结构调整和深化市场化改革的过程中,注重对三者的协同性推进。

其二,充分重视能源尾效对经济发展的阻尼作用,重点克服西部、低能效和高尾效地区前期尾效积累,力求当期尾效,当期破除。随着中国进入经济发展新时期,通过降低GDP增速可让渡给经济增长质量更多蓄力加速空间,致力于转变以要素投入为主要驱动力的封闭型粗放增长模式,逐步向以先进技术和人力资本要素为支撑的开放型共享经济发展模式转变。在推进能源市场化的同时,建议加速形成能够反映、调节能源市场供需关系的价格机制,逐步由管制定价向政府定价与市场定价协同并重转变,开放电力等能源的竞争性环节,引入多种所有制资本参与能源市场竞争,实现价格对节能的

2019年5月

良性传导作用。

其三,对于落后地区,应立足于资源禀赋比较优势,通过加强科技投入水平提升能源要素投入效率,选择适宜的技术实现创造性模仿;同时优化产业结构,促进地区产业链向高附加值环节延伸,加快实现地区发展与能源要素的有效脱钩。对于发达地区,则应注重在衡量区域三次产业结构红利和成本病的基础上理性增加“三产”比重,避免由于追求“三产”比重“伪增长”而忽略其内部的发展质量;同时应提升科技投入水平的精准性和科技成果转化有效性,明确支出责任划分,设置科技创新考核机制,确保科技投入精准落地。

其四,城市化水平和能源结构对能源尾效主要表现为较佳的削弱作用,但对于高尾效地区仍需予以重视。在提升城市化水平的同时,应尊重城市化发展和能源消费“倒U形”客观规律,切勿盲目推进城市化扩张。在调整能源结构方面,建议稳步开展新能源发展战略。对产能过剩或潜在过剩的传统能源加快升级或淘汰,而对于风能、太阳能等清洁能源应避免“跑马圈地”现象,消化存量,优化增量,重点克服清洁能源的“三弃”问题,促进新能源行业有序发展。

本文的尾效测度、阶段特征及影响因素探究结果可作为后续研究的基础,鉴于经济变量在观测窗口期可能存在的结构突变问题,对能源关系应不仅限于线性作用机制,故未来的工作将尝试通过动态门限面板回归模型探索变量间的非线性影响机制^[40]。相比普通门限模型,该模型将被解释变量的滞后期纳入影响因素从而解决内生性问题,且允许所有变量在不同观测区段具有不同的弹性系数,可更为深入地探讨能源尾效影响因素的作用机理。

参考文献(References):

- [1] Romer D. Advanced Macroeconomics[M]. New York: McGraw-Hill Companies, 1996.
- [2] Nordhaus W D. Lethal model 2: The limits to growth revisited[J]. Brookings Papers on Economic Activity, 1992, 1992(2): 1-59.
- [3] Bruvoll A, Glomsrød S, Vennemo H. Environmental drag: Evidence from Norway[J]. Ecological Economics, 1999, 30(2): 235-249.
- [4] Uri N D. A reconsideration of effect of energy scarcity on economic growth[J]. Energy, 1995, 20(1): 1-12.
- [5] Davis G A. The resource drag[J]. International Economics & Economic Policy, 2011, 8(2): 155-176.
- [6] 谢书玲, 王铮, 薛俊波. 中国经济发展中水土资源的“增长尾效”分析[J]. 管理世界, 2005, (7): 22-25. [Xie S L, Wang Z, Xue J B. Analysis of the “growth effect” of water and soil resources in China’s economic development[J]. Management World, 2005, (7): 22-25.]
- [7] 薛俊波, 王铮, 朱建武, 等. 中国经济增长的“尾效”分析[J]. 财经研究, 2004, 30(9): 5-14. [Xue J B, Wang Z, Zhu J W, et al. An analysis of drag of China’s economic growth[J]. Journal of Finance and Economics, 2004, 30(9): 5-14.]
- [8] 张琳, 许晶, 王亚辉, 等. 中国城镇化进程中土地资源尾效的空间分异研究[J]. 中国土地科学, 2014, 28(6): 30-36. [Zhang L, Xu J, Wang Y H, et al. Study on the spatial differentiation of the growth drag effects of land resource in China’s urbanization[J]. China Land Sciences, 2014, 28(6): 30-36.]
- [9] 刘耀彬, 陈斐. 中国城市化进程中的资源消耗“尾效”分析[J]. 中国工业经济, 2007, (11): 48-55. [Liu Y B, Chen F. Analysis on resources consumption drag of China’s urbanization[J]. China Industrial Economy, 2007, (11): 48-55.]
- [10] 张乐勤. 城市化进程中资源约束尾效及其演化特征探析: 基于安徽省的实证[J]. 现代城市研究, 2016, (5): 117-123. [Zhang L Q. An analysis of resource constraint drag in the urbanization process and its evolution characteristics: An empirical analysis of Anhui Province[J]. Modern Urban Research, 2016, (5): 117-123.]
- [11] 许冬兰, 李琰. 能源约束对经济增长和城市化影响的实证研究: 以山东省为例[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2012, 14(4): 74-79. [Xu D L, Li Y. The impacts of energy constraint on economic growth and urbanization process in Shandong Province[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2012, 14(4): 74-79.]
- [12] 李影. 中国区域经济增长的能源约束研究[J]. 统计与决策, 2015, (17): 122-124. [Li Y. Research on energy constraints of China’s regional economic growth[J]. Statistics & Decision, 2015, (17): 122-124.]
- [13] 曹翔, 傅京燕. 供给侧要素投入的“增长红利”与“增长尾效”研究[J]. 经济学家, 2016, (9): 25-31. [Cao X, Fu J Y. Research on “growth bonus” and “growth effect” of supply side factor input[J]. Economist, 2016, (9): 25-31.]
- [14] 李影, 沈坤荣. 能源结构约束与中国经济增长: 基于能源“尾效”的计量检验[J]. 资源科学, 2010, 32(11): 2192-2199. [Li Y, Shen K R. Energy structural constraint and China’s economic growth: Metrology analysis based on energy “tail drag”[J]. Resources Science, 2010, 32(11): 2192-2199.]
- [15] 米国芳, 长青. 能源结构和碳排放约束下中国经济增长“尾效”研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(2): 50-55. [Mi G F, Chang

- Q. Economic growth “drag” under the energy structure and carbon emission constraint in China[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2017, 31(2): 50–55.]
- [16] 刘曙光, 纪瑞雪. 海域环境恶化对中国海洋捕捞业发展的阻滞效应研究[J]. *资源科学*, 2014, 36(8): 1695–1701. [Liu S G, Ji R X. The drag effect of marine environmental deterioration on the development of China’s marine fishing industry[J]. *Resources Science*, 2014, 36(8): 1695–1701.]
- [17] 薛俊波, 赵梦真, 朱艳鑫. 增长“尾效”、要素贡献率及资源冗余: 基于农业的分析[J]. *技术经济*, 2017, 36(11): 62–71. [Xue J B, Zhao M Z, Zhu Y X. Growth drag, factor contribution and resource redundancy: Analysis on agriculture[J]. *Technology Economics*, 2017, 36(11): 62–71.]
- [18] 林伯强, 孙传旺. 如何在保障中国经济增长前提下完成碳减排目标[J]. *中国社会科学*, 2011, (1): 64–76. [Lin B Q, Sun C W. How can China achieve its carbon emission reduction target while sustaining economic growth[J]. *Social Sciences in China*, 2011, (1): 64–76.]
- [19] Solow R M. Intergenerational equity and exhaustible resources[J]. *Review of Economic Studies*, 1974, 41: 29–45.
- [20] 单豪杰. 中国资本存量K的再估算: 1952~2006年[J]. *数量经济技术经济研究*, 2008, (10): 17–31. [Shan H J. Reestimating the capital stock of China: 1952~2006[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2008, (10): 17–31.]
- [21] 卢愿清, 史军. 中国第三产业能源碳排放影响要素指数分解及实证分析[J]. *环境科学*, 2012, 33(7): 2528–2532. [Lu Y Q, Shi J. Decomposition model of energy-related carbon emissions in tertiary industry for China[J]. *Environmental Science*, 2012, 33(7): 2528–2532.]
- [22] 李翔, 刘刚, 王蒙. 第三产业份额提升是结构红利还是成本病[J]. *统计研究*, 2016, 33(7): 46–54. [Li X, Liu G, Wang M. Is the rising proportion of tertiary industry cost disease or structure bonus[J]. *Statistical Research*, 2016, 33(7): 46–54.]
- [23] Birol F, Keppler J H. Prices, technology development and the rebound effect[J]. *Energy Policy*, 2000, 28(6): 457–469.
- [24] 吴利学. 中国能源效率波动: 理论解释、数值模拟及政策含义[J]. *经济研究*, 2009, (5): 130–142. [Wu L X. The fluctuations of China’s energy efficiency: Theoretical explains, numerical simulations and policy experiments[J]. *Economic Research Journal*, 2009, (5): 130–142.]
- [25] Yeyati E L, Panizza U, Stein E. The cyclical nature of North-South FDI flows[J]. *Journal of International Money & Finance*, 2007, 26(1): 104–130.
- [26] Bond S R. Dynamic panel data models: A guide to micro data methods and practice[J]. *Portuguese Economic Journal*, 2002, 1 (2): 141–162.
- [27] 包群, 邵敏. 出口贸易与中国的工资增长: 一个经验分析[J]. *管理世界*, 2010, (9): 55–66. [Bao Q, Shao M. Between the export trade and the growth of wages in China: An empirical analysis[J]. *Management World*, 2010, (9): 55–66.]
- [28] Hartwig J. Testing the Baumol–Nordhaus model with Eu Klems Data[J]. *Review of Income and Wealth*, 2011, 57(3): 471–489.
- [29] 李江帆, 曾国军. 中国第三产业内部结构升级趋势分析[J]. *中国工业经济*, 2003, (3): 34–39. [Li J F, Zeng G J. An analysis on upgrading trends of tertiary industry’s internal structure in China[J]. *China Industrial Economics*, 2003, (3): 34–39.]
- [30] 倪鹏飞, 杨继瑞, 李超, 等. 中国城市化的结构效应与发展转型: “大国城市化前沿问题学术论坛”综述[J]. *经济研究*, 2014, (7): 189–192. [Ni P F, Yang J R, Li C, et al. Structural effect and development transformation of Chinese urbanization: An overview of the “academic forum on the frontiers of urbanization in major countries” [J]. *Economic Research Journal*, 2014, (7): 189–192.]
- [31] 揭水晶, 何凌云. 内部能源价格相对指数对能耗的调节效应: 基于技术效率变动视角的研究[J]. *资源科学*, 2014, 36(3): 520–529. [Jie S J, He L Y. The moderating effect of internal energy price relative indices to energy consumption based on technical efficiency change[J]. *Resources Science*, 2014, 36(3): 520–529.]
- [32] 孔婷, 孙林岩, 何哲, 等. 能源价格对制造业能源强度调节效应的实证研究[J]. *管理科学*, 2008, 21(3): 2–8. [Kong T, Sun L Y, He Z, et al. An empirical study of energy prices effect on energy intensity in manufacturing industries[J]. *Journal of Management Science*, 2008, 21(3): 2–8.]
- [33] 赵文军, 于津平. 贸易开放、FDI与中国工业经济增长方式: 基于30个工业行业数据的实证研究[J]. *经济研究*, 2012, (8): 18–31. [Zhao W J, Yu J P. Trade openness, FDI and China’s industrial economic growth pattern: Empirical analysis based on data of 30 industrial sectors[J]. *Economic Research Journal*, 2012, (8): 18–31.]
- [34] 陶新宇, 靳涛, 杨伊婧. “东亚模式”的启迪与中国经济增长“结构之谜”的揭示[J]. *经济研究*, 2017, 52(11): 43–58. [Tao X Y, Jin T, Yang Y J. The enlightenment of the east Asian model and the revelation of China’s economic growth structure Puzzle[J]. *Economic Research Journal*, 2017, 52(11): 43–58.]
- [35] 李猛. 人口城市化的财政代价及其形成机理: 1960年以来的大国经验[J]. *中国工业经济*, 2016, (10): 40–56. [Li M. Fiscal cost of urbanization of population and the mechanism: Experience from major-country since 1960[J]. *China Industrial Economics*, 2016, (10): 40–56.]
- [36] 刘江华, 邵帅, 姜欣. 城市化进程对能源消费的影响: 我们离世界水平还有多远? 基于国内和国际数据的比较考察[J]. *财经研究*, 2015, 41(2): 111–122. [Liu J H, Shao S, Jiang X. Effect of urbanization on energy consumption: How far are we from the world level? Comparative analysis[J]. *Journal of Finance and Economics*,

- 2015, 41(2): 111–122.]
- [37] Liang Q M, Fan Y, Wei Y M. The effect of energy end-use efficiency improvement on China's energy use and CO₂ emissions: A CGE model-based analysis[J]. *Energy Efficiency*, 2009, 2(3): 243–262.
- [38] 乔海曙, 李菲. 中国高速增长时期的“偏低能效陷阱”研究[J]. *统计与决策*, 2016, (24): 131–134. [Qiao H S, Li F. Study on the “low energy efficiency trap” in China's high growth period[J]. *Statistics & Decision*, 2016, (24): 131–134.]
- [39] 林伯强, 刘畅. 中国能源补贴改革与有效能源补贴[J]. *中国社会科学*, 2016, (10): 52–71. [Lin B Q, Liu C. Chinese energy subsidy reform and effective energy subsidies[J]. *Social Sciences in China*, 2016, (10): 52–71.]
- [40] Seo M H, Shin Y. Dynamic panels with threshold effect and endogeneity[J]. *Journal of Econometrics*, 2016, 195(2): 169–186.

Measurement and influencing factors of the growth drag of energy in China

XIE Pinjie, MU Zhuowen

(College of Economics and Management, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: Studying the influencing factors and the mechanism of growth drag of energy can provide new ideas for solving the problem in China's economic development. Based on provincial panel data, this study measured the growth drag of energy of 30 provinces in China from 1997 to 2016 by using the partial least squares (PLS) method. The dynamic panel model was used to empirically analyze the influencing factors at the national and group levels. The results show that: (1) Growth drag of energy is a constraint in China, which shows different characteristics in different development periods. (2) The results of the national level analyses show that lag term of growth drag, industrial structure, economic development level, and energy price have a significant positive effect on the growth drag of energy. The level of input in science and technology, level of urbanization, and energy structure have negative contributions, which are conducive to the reduction of grow drag. (3) The results of the group level analyses show that lag item of growth drag, economic development level, and energy price are still unfavorable factors that promote growth drag, while industrial structure, level of input in science and technology, level of urbanization, and energy structure have double sided effects, which differ in different groups. Based on these conclusions, this article provides some recommendations with regard to the quality of economic development, price regulation of the energy market, and urbanization development, in order to find reasonable methods to reduce the growth drag of energy.

Key words: growth drag of energy; influencing factors; panel data; partial least squares method; system GMM