

· 经济与管理 ·

能源效率影响经济增长的机理及其效应研究

李强¹ 魏巍²

(1. 安徽财经大学经济学院 安徽蚌埠 233030; 2. 安徽财经大学工商管理学院 安徽蚌埠 233030)

摘要:本文研究了能源效率对中国经济增长的影响及其传导机制。文章采用投入导向的规模报酬不变的Malmquist-DEA生产率指数对中国能源效率进行测算,在此基础上,基于1993—2011年中国29省(市、区)的面板数据,实证检验了能源效率对中国经济增长的影响。研究结果表明,提高能源效率有利于促进中国经济增长,且进一步的分析发现,能源效率通过提高人力资本积累、对外贸易和创新水平间接促进了中国经济增长。这表明能源效率影响经济增长的作用机理在于人力资本积累、对外贸易和创新三个方面,其中创新是能源效率影响经济增长的最重要传导渠道。

关键词:能源效率;经济增长;人力资本;创新;对外开放

中图分类号:F062.1;F061.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-8505(2015)05-0085-08

On the Mechanism and Effect of Energy Efficiency's Influence on Economic Growth

LI Qiang¹ WEI Wei²

(1. School of Economics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu, Anhui, 233030, China;

2. School of Business Administration, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu, Anhui, 233030, China)

Abstract: This paper analyzes the energy efficiency's influence on China economic growth and its transmission mechanism. China energy efficiency was calculated by Malmquist-DEA productivity index of input-oriented constant returns to scale. Furthermore, panel data of China's 29 provinces (including cities and districts) from 1993 to 2011 was collected, and the empirical result shows that energy efficiency influences China economic growth. The whole research demonstrates that improving energy efficiency will promote China economic growth. Further analysis reveals that energy efficiency indirectly boosts China economic growth by raising the level of human capital accumulation, foreign trade and innovation. Therefore, action mechanism, which energy efficiency influences economic growth, are from three dimensions, namely, the accumulation of human capital, foreign trade and innovation, among which innovation is the most important transmission channel.

Key words: energy efficiency; economic growth; human capital; innovation; open to the outside world

一、问题的提出

随着新兴经济体的兴起、世界各国经济发展对资源需求的增加,全球性的能源短缺问题变得日趋严重,而我国又是一个能源相对短缺的国家,经济发展中对国际能源的依赖性日益增强。从长远来看,能源约束必将成为制约我国经济长期增长的一个重要因素,提高能源利用效率迫在眉睫。因此,能源与经济增长之间的关系也成为近年来学者们关注的热点问题。综合来看,现有文献主要从以下几个方面展开研究的:能源消费与经济增长关系研究方面,国外大量文献研究了能源消费与经济增长的因果关系,但研究结果却存在着分

收稿日期:2015-05-15

基金项目:安徽省哲学社会科学规划项目“资源逼迫驱动经济增长方式转变的作用机理与实证研究”(AHSKQ2014D42),安徽省教育厅人文社科重点项目“考虑技术进步和结构调整回弹效应的我国节能减排路径研究”(SK2015A224),安徽省社科联课题“新常态下提高安徽省经济增长质量的路径研究”(A2015005),感谢安徽省高校优秀青年人才支持计划的资助。

作者简介:李强(1981—),男,安徽财经大学经济学院经济学系副主任,副教授,博士,硕士生导师,研究方向:资源经济学、经济增长。

歧。如 Kraft. J. and Kraft. A. (1978)^[1], Al - Iriani(2006)^[2] 等学者的研究表明经济增长是促进能源消费的重要原因,而 Lee(2005)^[3], Ang(2007)^[4], Apergis and Payne(2009)^[5] 等学者的研究支持存在由能源消费到经济增长的单向因果关系。国内学者赵进文和范继涛(2007)^[6] 的研究表明,1956~1976年期间我国经济增长与能源消费之间呈非线性关系,而在1977~2005年间两者呈线性关系。李国璋和霍宗杰(2009)^[7]、吴巧生等(2008)^[8] 研究了经济增长与能源消费的因果关系,史亚东(2011)^[9] 基于面板门限模型研究了能源消费对经济增长的溢出效应。能源消费影响因素研究也成为近年来学者们关注的角度问题,大量文献从对外贸易(Cole, 2006^[10]; 周浩和傅京燕, 2011^[11])、金融发展(王振红, 曹俊杰, 王黎明, 2013^[13])、城市化(Liu, 2009^[14]; 张欢和成金华, 2011^[15])、能源政策(Hudson and Jorgenson, 1974^[16]; 林伯强等, 2012^[17])等角度展开了研究。近年来,一些学者开始关注能源效率与经济增长之间的关系,有学者的研究表明能源效率同经济增长之间存在显著的双向因果关系(李建中、武铁梅、谢威, 2010^[18]),与此同时也有学者的研究结果显示,我国工业经济与工业能源消耗之间存在单向因果关系(蒋毅一和王皓良, 2009^[19])。沈能和刘凤朝(2012)^[20] 的研究表明,提高能源效率有利于促进我国经济增长,并且发现能源效率对经济增长的促进作用与地区经济发展水平呈正比,与地区能源效率呈反比。陈德敏、张瑞和谭志雄(2012)^[21] 研究了能源效率对我国不同区域经济增长的影响,结果表明,能源效率的提高有利于促进我国东、中部地区的经济增长,对东部地区的影响更为显著。

本文认为,能源不足和能源效率不高必将成为制约我国经济长期增长的重要因素。提高能源效率固然重要,但能源利用效率的提高是否可以破解能源约束与经济长期增长之间的矛盾?提高能源效率在经济上是否有效率,对经济发展会带来怎样的影响以及其中的传导机制是什么?遗憾的是,已有文献对以上问题鲜有涉及,而这些问题都是我国当前急需解决的重点问题,对以上问题的解答有助于我国政府制定切实有效的能源政策,对我国经济发展方式的转变也至关重要。基于此,本文基于1993—2011年我国29省(市、区)的省级面板数据,实证检验了能源效率对我国经济增长的影响及其传导机制,研究结果供理论与实践部门参考。文章余下部分结构安排如下:第二部分探讨能源效率对经济增长的作用机理,第三部分采用投入导向的规模报酬不变的 Malmquist - DEA 生产率指数对我国能源效率进行测算,第四部分是实证研究部分,基于我国1993—2011年省级面板数据实证检验能源效率对我国经济增长的影响及其传导机制,第五部分是研究结论及政策建议。

二、能源效率对经济增长的作用机理

现有文献重点研究了能源消费与经济增长之间的关系,能源利用效率与经济增长关系的研究则较少,更没有发现对能源利用效率影响经济增长的传导机制进行研究的文献。提高能源效率固然重要,但能源效率的提高是否有助于促进经济增长、是否有助于节约能源消费量更为重要。为此,本部分从创新、人力资本积累和对外贸易三个方面来分析能源效率对经济增长的作用机理,详见图1所示。

创新是能源利用效率对经济增长的传导机制之一。改革开放以来我国经济增长集中表现为主要由要素投入驱动,科技创新和技术进步对经济增长的贡献较低,经济发展依然未能摆脱以“高投入、高消耗、高排放、低效率”为特征的粗放型经济增长方式。可以预见的是,提高经济增长质量和效益将是我国“十二五”时期经济发展的重中之重。因此,能源效率的提高所带来的收益易于滋生对新技术的需求和创新动力,从而使得能源利用效率通过技术创新对我国经济增长带来正向影响,创新是能源利用效率影响经济增长的重要传导渠道。

人力资本积累是能源利用效率影响经济增长的又一传导机制。20世纪80年代中期,Romer、Lucas等学者将技术进步内生,认为知识积累和人力资本是实现经济增长的重要因素,标志着现代经济增长理论进入到一个新的发展阶段——新增长理论。在此,我们将能源投入引入到MRW模型^{①[22]}中,得:

$$Y = K(t)^{\alpha} H(t)^{\beta} R(t)^{\gamma} (A(t)L(t))^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (1)$$

将能源投入R移到左边可得能源效率的表达式,进而有能源利用效率提高对人力资本的积累产生的促进作用,能源效率通过提高人力资本水平而间接促进经济增长。

对外贸易也是能源利用效率对经济增长的传导机制之一。改革开放以来,进出口贸易的快速发展是实现我国经济高速增长的关键要素,而劳动力和资源成本长期较低是导致我国进出口贸易快速发展的重要原因。随着近年来我国劳动力成本的不断攀升,我国劳动力廉价的比较优势在逐渐消失,在此背景下,提高能源效率将有助于重塑我国传统的比较优势,能源利用效率通过推动我国进出口贸易的快速发展进而促进我国的经济增长,对外贸易是能源利用效率影响经济增长的重要传导渠道。

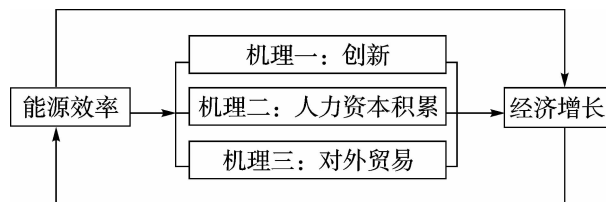


图1 能源效率对经济增长的作用机理

三、能源效率测度

数据包络分析(DEA)是一个对多投入、多产出的多个决策单元的效率评价方法。本部分将环境污染视为经济发展的非合意产出引入到DEA模型中来,运用投入导向的规模报酬不变的Malmquist-DEA生产率指数对我国29个省(市、区)(西藏除外,重庆并入四川)1992—2011年的全要素能源效率进行测算。

(一) 测算方法

参考Bauer(1990)^[23]、Fare(1994)^[24]的做法,我们构建了两个时期生产率变量的Malmquist指数,如果以t时期的技术作为参照技术,决策单位从t期到t+1期的技术Malmquist指数可表示为:

$$M_0^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (2)$$

同理,如果以t+1期的技术作为参照技术,决策单位从t期到t+1期的技术Malmquist指数可表示为:

$$M_0^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (3)$$

其中,x和y分别表示投入向量和产出向量, D_0^t 和 D_0^{t+1} 分别表示以t时期的技术和t+1时期的技术为参照的距离函数。为了避免时期选择的随意性,参照Caves(1982)^[25]等人的做法,用(1)式和(2)式的几何平均数来表征从时期t到时期t+1的Malmquist指数,即:

$$M_0(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

其中,(3)式又可分解为技术效率变化指数(ECH)和技术进步变化指数(TCH)两部分:

$$\begin{aligned} M_0(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) &= \left[\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= ECH \times TCH \end{aligned} \quad (5)$$

(二) 数据说明

本文选取1992—2011年我国29个省(市、区)的数据为样本,其中重庆数据并入四川,西藏由于缺少多年能源消费的数据而被排除在外。具体指标选取如下:

1. 投入指标。(1)劳动力。劳动投入用各省(市、区)的年末就业人数表征(单位:万人)。由于2012年中国统计年鉴中没有报告各省(市、区)从业人员的数据,因此,这里先算出1990—2010年我国各省(市、区)从业人员的年均增长率,将2010年各省(市、区)的从业人员数乘以年均增长率得到2011年各省(市、区)从业人员的数据^[26]。(2)能源消费。这里用各省(市、区)能源消费总量来表征,单位是万吨标准煤,四川、湖南等省份的能源消费缺失数据根据各地区统计年鉴进行补齐,有些省域部分年份数据缺失采用前后两年的

平均数予以补齐。(3)资本存量。资本存量选用普遍采用的永续盘存法来进行核算,计算公式为:

$$K_{it} = K_{it-1}(1 - \delta_{it}) + I_{it} \quad (6)$$

其中, K_{it} 表示 i 省在第 t 期期末的固定资本存量, I_{it} 表示 i 省在第 t 期的固定资本投资额,即新增固定资本, δ_{it} 为固定资本的经济折旧率。其中, I_{it} 用全社会固定资产投资表示,固定资本的经济折旧率参照张军等(2004)^[27]的做法,选取 9.6%。张军等(2004)的研究中报告了基于 1952 年价格和基于 2000 年价格测算的 2000 年资本存量数据,这样可以把基于 1952 年价格计算的 1990 年资本存量数据换算成基于 2000 年价格数据,然后根据各省(市、区)1990 年和 2000 年的价格指数将其换算成基于 1990 年价格的 1990 年资本存量数据。1990—2011 年各省(市、区)的资本存量数据根据(10)式计算得到,单位为亿元。

2. 产出指标。(1)合意产出。总产出用各省(市、区)的地区生产总值(GDP)表征^[28],以 1990 年为基期运用消费价格指数进行平减,单位为亿元。(2)非合意产出。非合意产出用工业废气排放量来表征(环境污染),单位是万亿标立方米,加入非合意产出的主要考虑是:从我国当前能源消费结构来看,煤炭消费在能源终端消费中占有很高比重,煤炭消费量也呈快速增长的趋势,而煤炭消费的高增长带来了大气污染物的大量排放,煤炭燃烧也是当前我国最大的空气污染源。

各变量定义及对数据的描述性统计见表 1 所示,并采用 Deap2.1 软件进行测算得到各省(市、区)的全要素能源效率指数。

表 1 变量定义及说明

变量	定义	样本量	最小值	最大值	均值	标准差
L	劳动,地区年末就业人员	580	37	13130	1707	2103
K	资本,地区全资本存量	580	155	24524	7123	5887
R	能源,地区能源消费量	580	215	38784	7427	6209
Y	合意产出,地区生产总值	580	55	12232	1511	1666
E	非合意产出,工业废气排放量的倒数	580	.153	70.423	3.497	6.346

四、实证分析

本部分将采用实证研究的方法实证检验能源效率对我国经济增长的影响,从而回答提高能源效率在经济上是否有效率。

(一) 计量模型设定

根据经济增长理论及前文的理论分析,我们设定如下回归方程:

$$Y_{it} = A + \beta_1 EE_{it} + \beta_2 Z_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

(7)式中,下标 i 代表省际截面单元, t 表示年份。被解释变量 Y 为经济增长, EE 为能源效率, Z 为影响经济增长的其它控制变量, u_i 用于控制不同省份的固定效应对经济增长的影响, ε 为随机扰动项, β_i 为待估参数。

(二) 变量设定及数据说明

1. 被解释变量。经济增长用地区生产总值(GDP),以 1990 年为基期运用消费价格指数进行平减,单位为亿元,取对数后用 Y 表示。

2. 解释变量。能源效率数据来源于 DEA 方法测算的 Malmquist 指数测算结果。在控制变量的选取上,根据经济增长理论和现在文献的经验研究,我们在模型中引入了劳动、资本、对外开放、人力资本作为模型的控制变量。其中,劳动投入用各省(市、区)的年末就业人数表征(单位:万人),取对数后用 L 表示。资本存量采用永续盘存法计算得到,以 1990 年为基期运用消费价格指数进行平减,单位为亿元,取对数后用 K 表示。人力资本用每万人中高等学校在校生数表征,取对数后用 HR 表示。进出口贸易的快速发展是促进我国经济高速增长的重要原因,这里用各地区进出口贸易总额表示,单位为亿元,取对数后用 OP 表示。

3. 数据说明。本部分以 1993—2011 年我国省级层面的数据为样本,由于缺少西藏多年数据而被排除在样本之外,重庆数据并入四川,因此,文中的面板数据包括 29 个截面单元 19 年的时间序列数据,共计 551 个样本观测值。为保持样本数据的一致性,如无特别说明,数据均来源于《新中国 60 年统计资料汇编》、《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》。对各变量的描述性统计见表 2,文中的所有数据处理均在 STATA 11 软件中完成。

表 2 变量的描述性统计(1993—2011)

变量	含义	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
Y	总产出	551	2.98	.45	1.74	4.09
L	劳动	551	2.94	.52	1.57	4.12
K	投资	551	2.91	.39	1.95	3.68
EE	能源效率	551	.96	.16	.62	2.51
HR	人力资本	551	1.82	.42	.93	2.92
OP	对外开放	551	2.45	.77	.61	6.12
IN	创新	551	3.34	.65	1.63	5.30

(三) 能源效率对经济增长影响的实证检验

1. 静态面板估计结果。表 3 中模型(1)—(4)报告了能源效率对经济增长影响的初步估计结果,随机效应还是固定效应模型的选取上采用了 Hausman 检验方法进行判断。结果显示,劳动、资本、能源效率、人力资本和对外开放变量系数均为正,并在 1% 的显著性水平上显著,这与经济增长理论相符。值得关注的是,能源效率对经济增长具有显著的正向影响,表明提高能源效率不但能缓解我国能源不足与经济长期增长之间的矛盾,而且还可以促进我国的经济增长,这也表明在当前的经济背景下提高我国能源效率具有重要的现实指导意义。

2. 考虑内生性的动态面板估计结果。内生性是宏观经济研究中较为常见且棘手的问题,内生性的存在会导致模型估计结果发生偏误。本研究中的解释变量能源效率来源于 DEA 方法测算的 Malmquist 指数的分解,因为能源效率与被解释变量经济增长之间可能存在较高的相关性,这就可能导致内生性问题。因此,有必要对模型的内生性进行检验,如果内生性问题真的存在,那么模型(1)—(4)的估计结果可能会发生偏倚,估计结果也不具有稳健性。这里采用 Durbin - Wu - Hausman 方法对表 3 中模型(1)—(4)进行检验,其原假设为模型不存在内生性问题,得到检验统计量分别为 38.4、21.5、26.8 和 5.3,并且均在 1% 的显著性水平上拒绝原假设,表明模型中确实存在内生性问题。为此,这里采用差分 GMM 方法对模型进行再估计,并将解释变量的一阶滞后项作为其工具变量。表 4 中模型(5)—(8)最后三行报告了 GMM 估计自回归(AR)检验和过度识别的约束检验结果,结果显示,AR(2)和 Sargan 检验值的伴随概率值均大于 0.1,表明所有工具变量均有效,扰动项也不存在二阶自相关,说明模型(5)—(8)中采用差分 GMM 方法进行参数估计是有效性的。将表 3 中模型(5)—(6)和模型(3)—(4)估计结果进行比较可知,所以解释变量系数的显著性均未发生显著性变化,但劳动、资本、人力资本和对外开放变量系数明显变小了,能源效率的系数则明显变大了,说明内生性的存在高估了劳动、资本、人力资本和对外开放变量对经济增长的影响,但低估了能源效率对经济增长的影响。

这里重点分析模型(8)的估计结果。模型(8)回归结果显示,能源效率系数为正,并在 1% 显著性水平上显著,表明提高能源效率有利于促进我国经济增长,同时也表明提高能源效率在经济上是有效率的。此外,劳动、资本和人力资本对经济增长具有显著的正向影响,这与经典经济增长理论相符。对外开放变量系数为正,但不显著,表明对外开放对我国经济增长具有微弱的正向促进作用。

表3 实证检验结果

模型	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
估计方法	FE	FE	FE	FE	FD-GMM	FD-GMM	FD-GMM	FD-GMM
L	0.59*** (87.92)	0.59*** (88.91)	0.45*** (27.92)	0.43*** (27.26)	0.18*** (19.44)	0.23*** (16.90)	0.11*** (7.37)	0.11*** (6.48)
K	0.65*** (14.76)	0.57*** (12.46)	0.55*** (12.80)	0.53*** (13.04)	-0.13*** (-6.70)	0.34*** (11.86)	0.10*** (2.89)	0.11*** (3.05)
EE		0.08*** (5.31)	0.09*** (6.79)	0.10*** (7.35)		0.30*** (27.96)	0.26*** (29.79)	0.26*** (18.82)
HR			0.16*** (9.20)	0.13*** (7.20)			0.10*** (20.42)	0.10*** (14.34)
OP				0.06*** (6.90)				0.005 (1.12)
L _t y					0.73*** (45.35)	0.65*** (28.15)	0.71*** (30.76)	0.71*** (28.96)
_cons	-0.67*** (-4.79)	-0.49*** (-3.51)	-0.32** (-2.44)	-0.32** (-2.51)	0.66*** (11.96)	-0.89*** (-10.80)	-0.14 (-1.52)	-0.17 (-1.55)
N	551	551	551	551	493	493	493	493
AR(1)					0.0919	0.1290	0.0877	0.0837
AR(2)					0.2305	0.3773	0.6439	0.6739
Sargan test					1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

注:括号里数字为每个解释变量系数估计的t(z)值,***、**、*分别表示1%、5%和10%的显著性水平,下同。

(四) 能源效率影响经济增长的传导机制研究

为进一步探讨能源效率对我国经济增长影响的传导机制,本部分采用差分GMM的估计方法实证检验能源效率对人力资本积累、创新和对外开放的影响,创新用各地区每年的三种专利批准量表示,数据来源于《中国统计年鉴》,回归结果见表4。表4中模型(1)一(3)回归结果显示,能源效率系数均在为正,并都通过了1%显著性水平上的检验,表明提高能源效率对我国人力资本积累、创新和对外贸易具有正向促进作用,这意味着能源效率的提高是通过提高人力资本积累、对外贸易和创新水平来促进经济增长,其中创新是能源效率影响经济增长的最重要传导渠道。此结论的实际意义在于,在当前转变经济发展方式和提高经济增长质量和效益的大背景下,创新是促进我国经济可持续增长和打造我国经济升级版的不竭动力,能源效率的提高所带来的收益易于滋生对新技术的需求和创新动力,从而使得能源效率的提高通过技术创新来间接促进我国经济增长。

表4 传导机制研究

模型	(1)	(2)	(3)
被解释变量	HR	INNO	OP
估计方法	FD - GMM	FD - GMM	FD - GMM
L. HR/ LNI/ L. OP	1.16*** (111.87)	0.69*** (37.47)	0.14*** (24.96)
L	-0.17*** (-16.14)	0.33*** (23.53)	0.79*** (55.75)
K	0.02 (0.62)	0.20*** (4.14)	2.09*** (19.24)
EE	0.13*** (16.20)	0.75*** (25.62)	0.21*** (4.31)
_cons	0.08 (0.74)	-1.20*** (-8.33)	-6.45*** (-17.20)
N	493	493	493
AR(1)	0.2393	0.0019	0.3052
AR(2)	0.6266	0.8682	0.6541
Sargan test	1.0000	1.0000	1.0000

五、研究结论及政策建议

我国当前的能源消费面临着满足经济增长和实现降低能耗的双重压力,提高能源利用效率迫在眉睫。文章首先采用投入导向的规模报酬不变的 Malmquist - DEA 生产率指数对我国能源效率进行测算,在此基础上,基于我国 1993—2011 年 29 省(市、区)的省级面板数据,实证检验了能源效率对我国经济增长的影响及其传导机制,研究结果显示,能源利用效率对我国经济增长具有显著的正向影响,表明提高能源效率在经济上是有效率的。进一步的分析发现,能源效率的提高可以通过提高人力资本积累、对外贸易和创新水平间接促进我国经济增长,能源效率影响经济增长的作用机理在于人力资本积累、对外贸易和创新三个方面,其中创新是能源效率影响经济增长的最重要传导渠道。本文的实证研究也具有重要的现实意义:在当前转变经济发展方式和提高经济增长质量和效益的大背景下,创新是促进我国经济可持续增长和打造我国经济升级版的不竭动力,能源效率的提高所带来的收益易于滋生对新技术的需求和创新动力,从而使得能源效率的提高通过技术创新来间接促进我国经济增长。

基于以上分析,我们提出了以下政策建议:

(1) 加快转变经济发展方式,缓解能源不足与我国经济长期增长之间的矛盾。以“高投入、高消耗、高排放、低效率”为特征的粗放型经济增长方式决定了源源不断地投入大量能源资源才能维系我国经济的可持续增长。因此,为应对我国能源不足的问题,应从根本上扭转我国经济发展中的要素投入模式,经济发展逐步实现从依赖初级生产要素(如自然资源)向更多依靠高级生产要素(如技术进步、创新)转变。

(2) 加强东部与中西部地区的合作与交流,强调市场对能源的优化配置作用。建立区域间能源使用技术的信息共享机制,中西部地区在学习东部地区先进的能源使用技术和管理理念的同时,要加大自主创新力度,进而实现东部与中西部地区能源效率的共同提高。与此同时,应着重强调市场对资源的优化配置作用,逐步放松对能源市场的管制,取消对能源勘探、开发、生产和销售活动的市场准入限制,引导与鼓励资源在区域间的合理流动。

(3) 进一步优化能源结构,大力支持新能源产业发展。煤炭消费在我国一次能源消费中占 70% 左右的比重,而且煤炭资源的利用效率是比较低的。因此,一方面可以通过推进我国资源税改革和发展煤炭工业循环经济来提高煤炭资源的利用效率;另一方面应调整我国能源消费结构,大力支持太阳能、风能、核能和生物

质能等新能源产业发展,进而促进我国能源效率的提高。

注释:

- ① Mankiw, Romer 和 Weil(1992)对 Solow 的模型进行了修正,将人力资本变量引入到模型中,其设定的生产函数函数形式为: $Y = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t)L(t))^{1-\alpha-\beta}$ 。其中, L 为劳动投入量, K 为资本使用量, Y 为总产出或总收入, t 表示时间, H 表示人力资本, A 为综合要素生产率的生长, 又称“索洛剩余”。

参考文献:

- [1] Kraft J., Kraft A. . On the relationship between energy and GNP[J]. *Journal of energy and development*, 1978(3):401-403.
- [2] Al-Iriani M. . Energy - GDP relationship revisited; An example from GCC countries using panel causality[J]. *Energy Policy*,2006, 34(17): 3342-3350.
- [3] Lee C. C. . Energy consumption and GDP in developing countries: a cointegrated panel analysis[J]. *Energy Economics*,2005,27(3): 415-427.
- [4] Ang J. B. . CO₂ emissions, energy consumption, and output in France[J]. *Energy Economics*, 2007,35(10): 4772-4778.
- [5] Apergis N. and Paynen J. E. . Energy consumption and economic growth: Evidence from the Commonwealth of Independent States[J]. *Energy Economics*,2009,31(5): 641-647.
- [6] 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.
- [7] 李国璋, 霍宗杰. 中国全要素能源效率, 收敛性及其影响因素——基于 1995—2006 年省际面板数据的实证分析[J]. *经济评论*,2009(6): 101-109.
- [8] 吴巧生, 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*,2008,25(6): 27-40.
- [9] 史亚东. 能源消费对经济增长溢出效应的差异分析——以人均消费作为减排门限的实证检验[J]. *经济评论*,2011(6): 121-129.
- [10] Cole M. A. . Does trade liberalization increase national energy use? [J]. *Economics Letters*, 2006,92(1): 108-112.
- [11] 周浩, 傅京燕. 国际贸易提高了中国能源的消费? [J]. *财贸经济*,2011(1): 94-100.
- [12] 张莹. 金融发展、经济增长与产业升级动态交互影响研究——基于甘肃省市级数据的面板 VAR 分析[J]. *西华大学学报(哲学社会科学版)*,2013(6).
- [13] 王振红, 曹俊杰, 王黎明. 中国金融发展、城镇化与能源消费——基于 SYS-GMM 估计的实证研究[J]. *西南金融*,2013(12):54-56.
- [14] Liu Y. B. . Exploring the relationship between urbanization and energy consumption in China using ARDL (autoregressive distributed lag) and FDM (factor decomposition model) [J]. *Energy*,2009,34(11): 1846-1854.
- [15] 张欢, 成金华. 中国城市化进程对能源需求的动态冲击效应[J]. *管理学报*,2011,8(7): 1060-1066.
- [16] Hudson E. A. , Jorgenson D. W. . US energy policy and economic growth, 1975—2000[J]. *The Bell Journal of Economics and Management Science*,1974,5(2): 461-514.
- [17] 林伯强, 等. 资源税改革: 以煤炭为例的资源经济学分析[J]. *中国社会科学*,2012(2): 58-78.
- [18] 李建中, 武铁梅, 谢威. 我国能源效率与经济增长关系分析[J]. *生产力研究*,2010(009): 1-3.
- [19] 蒋毅一, 王皓良. 中国工业能耗与工业经济增长的关系研究[J]. *统计与决策*,2009(4): 114-116.
- [20] 沈能, 刘凤朝. 空间溢出, 门槛特征与能源效率的经济增长效应[J]. *中国人口·资源与环境*,2012,22(5): 153-157.
- [21] 陈德敏, 张瑞, 谭志雄. 全要素能源效率与中国经济增长收敛性——基于动态面板数据的实证检验[J]. *中国人口·资源与环境*,2012, 22(1): 130-137.
- [22] Mankiw N. G. , Romer D. , Weil D. N. . A Contribution to the Empirics of Economic Growth[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1992,107(2):407-437.
- [23] Bauer P. W. . Decomposing TFP Growth in the Presence of Cost Inefficiency, Nonconstant Returns to Scale, and Technological Progress[J]. *Journal of Productivity Analysis*,1990(4):287-300.
- [24] Fare R. , et al. . Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries[J]. *American Economic Review*,1994, 84(1):66-83.
- [25] Caves D. W. , Christensen L. R. , Diewert W. E. . Multilateral Composition of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers [J]. *The Economic Journal*,1982,92(365):73-86.
- [26] 高峰. 资本项目开放与经济增长关系实证研究[J]. *西南金融*,2015(6):45-50.
- [27] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. *经济研究*,2004(10): 35-44.
- [28] 张秋平, 符建华, 鞠寒. 中国对外贸易对经济增长贡献度探索——基于 VAR 模型的分析[J]. *西华大学学报(哲学社会科学版)*,2014(2).