

· 经济与管理 ·

# 基于技术进步和结构调整视角的能源回弹效应研究

——来自安徽的例证

李强<sup>1</sup> 左静娴<sup>1</sup> 魏巍<sup>2</sup>

(1. 安徽财经大学城市与县域研究中心; 2. 安徽财经大学工商管理学院 安徽蚌埠 233030)

**摘要:** 本文将能源消费回弹效应分解为技术进步的回弹效应和结构调整的回弹效应,在此基础上,基于安徽省1996—2015年数据对安徽省技术进步和结构调整的回弹效应进行了测算。结果发现:技术进步回弹效应明显存在,且有7年的技术进步回弹效应介于1.5%~59%之间;有8年的结构调整回弹效应介于4%~84%之间,且不同年份其回弹效应存在较大差异;引入结构调整回弹效应后,技术进步回弹效应有所降低,且结构调整的回弹效应大于技术进步的回弹效应。本文研究的启示性意义在于,技术进步和结构调整回弹效应是能源消费不断增加的重要因素。

**关键词:** 能源效率;回弹效应;技术进步;结构调整

**中图分类号:** F062.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8505(2017)05-0054-07

## A Research on the Effect of Energy Rebound Based on Technological Progress and Structural Adjustment: a Case Study in Anhui Province

LI Qiang<sup>1</sup> ZUO Jing-xian<sup>1</sup> WEI Wei<sup>2</sup>

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

**Abstract:** This paper divides the rebound effect of energy consumption into the rebound effect of technological progress and the rebound effect of structural adjustment. Based on the data of Anhui Province from 1996 to 2015, the rebound effect of technological progress and structural adjustment in Anhui Province was calculated, the results showing that the rebound effect of technological progress exists significantly. The rebound effect of technological progress in most years ranged from 2% to 60%, with the rebound effect of structural adjustment between 4% to 84%, and there is a big difference in rebound effect in different years. After the introduction of structural adjustment rebound effect, the technological progress of the rebound effect has been reduced and the structural adjustment of the rebound effect is greater than the rebound effect of technological progress. The significance of this study is that technical progress and structural adjustment-rebound effect is an important factor in the increasing energy consumption.

**Key words:** energy efficiency; rebound effect; technological progress; structural adjustment

### 一、研究背景

我国正处在城市化不断推进、工业化快速发展的时期,经济快速增长的同时也面临着能源消耗总量不断增加的问题。2016年,我国对能源的消耗与2015年相比增加了近1.4个百分点,总共消耗43.6亿吨标准煤,且近几年来我国对能源的消耗量也在不断上升。国家能源“十三五”规划提出,到2020年单位GDP能耗比2015年下降15%、对能源的使用不能超过50亿吨标准煤,为了实现以上目标,不仅需要减少对能源的使用,提高能源的利用率也十分必要。一般认为,提高对能源的利用效率可以减少对能源的使用,从而节省了

收稿日期:2017-05-21

基金项目:安徽省自然科学基金面上项目(1708085MG172);安徽省哲学社会科学规划课题(AHSKY2016D38);安徽省创新发展研究重大课题(2017ZD003);安徽省教育厅人文社科重点项目(SK2016A0013,SK2015A224)。

作者简介:李强(1981—),男,副教授,博士,硕士生导师,研究方向:资源经济学。

部分能源。因此各国在制定能源相关政策时将提高能源效率视为缓解经济快速增长与能源供给紧缺矛盾的重要途径。然而,已有的一些研究发现,能源利用率的提升并不能降低对能源的消耗,反而使得能耗总量有所增加,这一现象被称为能源回弹效应。Khazzoom 较早发现了能源利用率的提高不一定带来能源消费量的减少<sup>[1]</sup>。而 Brookes 则发现技术进步一方面有利于提高能源利用率,进而降低对能源的消耗;但另一方面也促进了经济的快速发展,从而带来更多的能源需求,反而增加了对能源的消耗量<sup>[2]</sup>。因此,提高对能源的利用率不一定能够带来能源消耗的减少,是否节省了能源使用量取决于能源回弹效应的大小。目前已有的大部分文献将能源效率提高分为技术进步和结构调整两种效应,与之对应,本文借鉴李强等(2014)<sup>[3]</sup>学者将能源回弹效应分解为结构调整回弹效应和技术进步回弹效应。结构调整和技术进步均能带来能源使用效率的提高,进而减少对能源的使用,与此同时结构调整和技术进步也对经济的快速增长起促进作用,从而加大了对能源的使用,使得节省的能源总量部分被抵消。另外,安徽省目前经济结构仍以第二产业为主,对能源的消费也在逐年增加,能源消耗总量在 2015 年高达 12331.97 万吨标准煤,所以提高能源利用率、减少对能源的过度使用对安徽省未来的低碳经济发展有着深远的影响。因此,本文根据能源回弹效应概念的扩展,选取 1996—2015 年为研究区间,对安徽省能源回弹效应进行实证研究,并为有关决策部门在制定能源政策时提供些许参考。

## 二、文献综述

英国经济学家 Jevons 最早于《煤炭问题》<sup>[4]</sup>一书中提出了回弹效应这一问题,而 Saunders 第一次提出了回弹效应的概念,认为技术进步会使节省的能源部分被抵消<sup>[5]</sup>。大多数国外文献对于回弹效应这一问题的研究都比较早,Brookes 和 Khazzoom 在研究中发现,回弹效应即技术进步使能源得到了充分利用从而节省了能源,但同时技术进步对经济的发展又起到了推动作用,使得节省的能源部分被消耗。Herring、Birol 和 Kepler、Schipper<sup>[6-8]</sup>等一些著名学者在 Brookes、Khazzoom 之后对回弹效应展开了理论方面的研究,主要是从作用机制、概念和分类三个方面对回弹效应进行了深入的研究。国外大多数文献是从实证的角度对回弹效应的存在及大小进行了研究,主要是从以下三个方面进行研究的。首先,从国家宏观层面的角度出发,对不同国家的回弹效应大小进行了测算。如 Semboja 和 Dufournaud 等<sup>[9-10]</sup>以苏丹、肯尼亚、日本、中国、英国、瑞典、荷兰等国家为研究对象,测算了这些国家回弹效应的大小,但不同国家其测算的数值存在较大差异。其次,从供暖及运输方面来估算其回弹效应大小。如 Branlund<sup>[11]</sup>对瑞典在采暖和交通方面的回弹效应进行了测算,测算结果为 1.2;Haas 和 Schipper<sup>[12]</sup>以澳大利亚为研究对象,测算出其在供热服务这一方面的回弹效应大小为 30%。最后,对不同行业的回弹效应大小进行了估算,如 Bentzen<sup>[13]</sup>、Greening 等<sup>[14]</sup>分别选取美国制造业、建筑业为研究对象,得出其回弹效应大小分别约为 0.24 和 0.5。

国内对于能源回弹效应的研究与国外相比起步较晚,而且主要是从宏观层面出发对回弹效应进行研究。已有研究由于方法选取、数据选择不同,对于测算的结果也有着较大的差异。如周勇和林源源<sup>[15]</sup>、王群伟和周德群<sup>[16]</sup>分别使用了不同时间序列数据对中国的能源回弹效应进行测算,得出其效应大小分别为 30%~80%、62.8%。王敬敏等则基于二级镶嵌式 CES 函数,以北京市为研究对象,对其能源回弹效应进行了实证研究,结果表明北京市回弹效应是存在的,且回弹效应大小在不同时间段也存在着较大差异<sup>[17]</sup>。另外,杜颖等基于状态空间模型并运用了卡尔曼滤波算法对河北省的回弹效应大小进行了测算,根据计算结果发现河北省长期能源回弹效应均值为 1.212,短期均值为 1.096<sup>[18]</sup>。胡秋阳基于一般均衡模型对改善高、低能耗产业的能源效率进行了模拟,并研究了其对中国总体能耗的影响<sup>[19]</sup>。李元龙等选用了 CGE 方法对能效提升 5% 之后的回弹效应大小进行了估算,得到其短期回弹效应大小为 52.38%,而长期回弹效应则超过了 100% 为 178.61%<sup>[20]</sup>,即存在回火效应(Backfire)。

综上所述,国内外学者对于能源回弹效应方面的研究比较丰富,特别是有关回弹效应的测算方法对本文的进一步研究提供了诸多借鉴。通过概括和梳理已有文献发现,现有文献从不同维度、采用不同方法对能源回弹效应进行了测算,着重测算了技术进步视角下的回弹效应大小,但没有考虑到能源利用率也受结构调整的影响,对于从结构调整的视角来测算回弹效应大小的研究鲜有涉及。另外,已有文献对安徽省能源回弹效应的测算还比较少。为了弥补这些不足,本研究拟从技术进步和结构调整视角对安徽省 1996—2015 年能源回弹效应进行实证研究,并根据分析结果为安徽省提高能源效率、节能减排提出一些政策建议,从而为有关决策部门制定更加有效的能源政策提供参考。

### 三、模型与数据说明

#### (一) 技术进步回弹效应模型构建

由回弹效应的定义可知,技术进步可以使能源得到充分利用,提高了能源利用率,从而减少了对能源的过度消耗,但与此同时技术进步对经济发展又起到了推动作用,进而加大了对能源的使用,使得原先节省的能源部分被抵消。因此,技术进步的回弹效应(RE)可以用经济增长带来的能耗增加量与能源效率提高所节省的能源总量之比来表示。

假设在  $t$  年  $E_t$  表示消耗能源总量,总的经济产出为  $Y_t$ ,则在  $t$  年的能源强度  $EI_t$  可以表示为能源消耗量与总产出之比,即  $EI_t = E_t/Y_t$ 。在  $t+1$  年总的经济产出用  $Y_{t+1}$  表示,而能源强度由于技术进步的作用减少到  $E_{t+1}$ ,  $\Delta EI$  表示其发生的变动,则因技术进步的作用而节省的能源总量用  $\Delta E$  表示,则

$$\Delta E = Y_{t+1}(EI_t - EI_{t+1}) = Y_{t+1}\Delta EI \quad (1)$$

但是技术进步除了能使能源强度降低以外,也对经济快速发展起到了推动作用,从而加大了对能源的使用量,导致了对能源的过度消耗。因此在  $t+1$  年因技术进步带来的经济增长为  $(Y_{t+1} - Y_t)\sigma_{t+1}$ ,式中  $\sigma_{t+1}$  表示技术进步率。那么技术进步推动经济发展的同时所增加的能源消耗量为:

$$\Delta E_1 = \sigma_{t+1}(Y_{t+1} - Y_t)EI_{t+1} \quad (2)$$

综合以上分析可得,技术进步的回弹效应可以表示为:

$$RE = \frac{\Delta E_1}{\Delta E} = \frac{\sigma_{t+1}(Y_{t+1} - Y_t)EI_{t+1}}{Y_{t+1}(EI_t - EI_{t+1})} \quad (3)$$

从式(3)可以看出其回弹效应大小取决于技术进步对经济增长的促进作用所带来的能耗增加量以及技术进步所降低的能源强度所节省的能源总量两个方面。技术进步的回弹效应即为这两者之比,如图1所示:

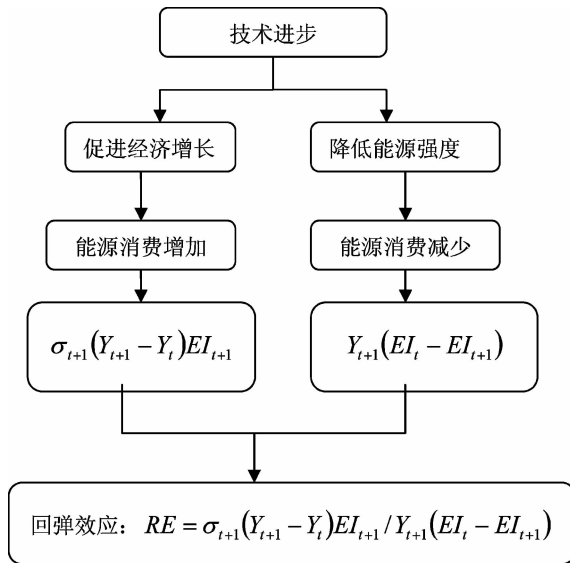


图1 能源回弹效应建模思路

#### (二) 技术进步和结构调整回弹效应模型构建

通过对已有的文献进行分析和概括发现,大部分文献只测算了技术进步的回弹效应,很少有文献从结构调整这一视角对能源的回弹效应进行实证测算。本文借鉴李强等(2014)学者的做法,将能源回弹效应分解为结构调整的回弹效应和技术进步的回弹效应。这意味着结构调整和技术进步可以使能源得到充分利用,进而减少了对能源的过度消耗,与此同时,技术进步和结构调整也会对经济的快速增长起推动作用,从而增加了对能源的使用,原先节省的能源部分被抵消。因此,能源的回弹效应可以分为结构调整的回弹效应和技术进步的回弹效应。综合以上构建的技术进步回弹效应模型可知,技术进步和结构调整视角下的能源回弹效应公式如下:

$$RE_{t+1} = RE_{T,t+1} + RE_{S,t+1} = \frac{\sigma_{T,t+1}(Y_{t+1} - Y_t)EI_{t+1}}{Y_{t+1}(EI_t - EI_{t+1})} + \frac{\sigma_{S,t+1}(Y_{t+1} - Y_t)EI_{t+1}}{Y_{t+1}(EI_t - EI_{t+1})} \quad (4)$$

其中,结构调整的回弹效应用  $RE_S$  来表示,技术进步的回弹效应则用  $RE_T$  来表示,  $\sigma_S$ 、 $\sigma_T$  则分别表示结构调整对经济增长的贡献率和技术进步率。

### (三) 数据说明

从以上给出的公式可以看出,要想测算安徽省能源回弹效应的大小,需要知道总的经济产出、劳动力投入、资本存量及能源消费等变量的数据。本文将选取1996—2015年为研究区间,对安徽省回弹效应的大小进行实证测算。其中,经济总产出用GDP表示,使用消费价格指数对基础数据进行平减来消除价格因素的影响,单位为亿元;以每年年末从业人员人数用来表示劳动投入,单位为万人;资本投入则用固定资产投资表示,同样使用消费价格指数对固定资产投资基础数据进行平减,单位为亿元;能源投入用每年的能源消费总量来表示,单位为万吨标准煤。数据均来源于安徽统计局、《中国能源统计年鉴》《中国固定资产投资统计年鉴》。

## 四、实证分析

### (一) 技术进步回弹效应的测算

#### 1. 技术进步贡献率的测算

通常情况下一般会使用索洛余值法对技术进步率进行估算。本文按照新古典经济增长理论,在已有的劳动、资本投入要素之外加上能源投入这一要素,即生产函数变为:

$$Y = AL^{\alpha}K^{\beta}N^{\gamma} \quad (5)$$

其中,Y为经济总产出,K表示资本存量,L为劳动投入,N表示能源投入,A表示技术进步水平, $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 分别表示劳动、资本和能源消费对总的经济产出的弹性。对式(5)中各变量取对数得:

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln N + \varepsilon \quad (6)$$

另外,设经济产出增长率为 $y$ ,劳动投入增长率为 $l$ ,资本投入增长率为 $k$ ,能源消费增长率则用 $n$ 表示,则技术进步对经济增长贡献率的计算公式如下:

$$\sigma = \frac{y - \alpha l - \beta k - \gamma n}{y} \times 100\% \quad (7)$$

通过对式(6)进行回归,可以得到 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 的值,如表1所示:

表1 方程回归结果

参数	估计值	标准差	t 统计量
C	13.57728	1.545018	8.787778
$\alpha$	3.707161	1.071544	3.459643
$\beta$	-0.08168	0.104882	-0.77881
$\gamma$	1.435561	0.397836	3.60842

则回归估计式为:

$$\ln Y = 13.5773 + 3.7072 \ln L - 0.0817 \ln K + 1.4356 \ln N \quad (8)$$

其中, $R^2 = 0.99$   $F = 2113.457$ 。

能源投入、资本投入、经济产出及劳动投入的增长率可以根据历年的统计数据简单计算得到,将上式中 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 的计算结果代入到式(7)中可以测算出技术进步贡献率 $\sigma$ 的值,见表2所示:

表2 技术进步对经济增长的贡献率 $\sigma$

年份	$\sigma$	年份	$\sigma$
1996	0.0873	2006	-0.1595
1997	0.8112	2007	0.1216
1998	-1.0748	2008	0.1392
1999	-0.3647	2009	-0.0231
2000	0.5228	2010	0.2739
2001	0.3736	2011	0.1997
2002	0.0329	2012	-0.3189
2003	0.4739	2013	0.1872
2004	0.1262	2014	0.4147
2005	-0.2142	2015	0.0140

## 2. 结果分析

根据表1、表2的测算结果以及公式(3),可以计算出安徽省1996—2015年技术进步带来能源节约量和回弹量,计算结果见表3所示。当节能量为正值,意味着技术进步可以使能效得到提高,从而节省了对能源的消费量;当节能量小于零为负值时,这说明了技术进步促进能源利用率提高的同时也带来了经济的快速增长,从而加大了对能源的使用,使得原先节省的能源部分被抵消了。当能源回弹量小于零时,意味着技术进步能够节省能源、降低对能源的使用而其回弹效应也并不存在;当回弹量为正值则说明存在能源回弹效应。综合表3测算结果可知,安徽省总的节约能源量达到10858.15万吨标准煤,但在1999—2000年节能量明显小于零,这表明安徽省在此期间能源强度不断增长,使得能源消费量增加。总体而言,安徽省显著存在能源回弹效应,在研究的1996—2015年期间,大多数年份的技术进步回弹效应处于2%~60%之间,说明虽然能效的提高有利于减少对能源的使用,但由于技术进步回弹效应的存在,使得节省能源这一目标很难通过提高能源利用率而实现。其中2000年的回弹效应数值大于1,说明能源利用率的提高并没有使能源的使用量减少;有6年的回弹效应数值小于零,表示在这些年份能效的提高有利于减少对能源的使用。

表3 能源回弹效应测算结果

年份	能源回弹量	理论节能量	回弹效应
1996	56.78	393.13	0.144
1997	443.61	756.98	0.586
1998	-236.59	81.29	-2.911
1999	-60.34	59.54	-1.013
2000	-561.62	-223.53	2.512
2001	202.90	340.15	0.597
2002	13.58	232.51	0.058
2003	265.87	468.11	0.568
2004	133.42	603.16	0.221
2005	-159.66	289.52	-0.551
2006	-139.06	352.06	-0.395
2007	157.54	751.73	0.210
2008	197.24	1000.85	0.197
2009	-24.28	544.06	-0.045
2010	494.08	1219.22	0.405
2011	405.68	1447.11	0.280
2012	-402.16	532.40	-0.755
2013	210.14	867.62	0.242
2014	432.40	796.92	0.543
2015	9.08	345.33	0.026

### (二) 技术进步和结构调整回弹效应的测算

#### 1. 技术进步和结构调整对经济增长贡献率的测算

本文中结构调整和技术进步对经济增长贡献率的测算借鉴刘伟等<sup>[21]</sup>的做法,将全要素生产率的增长率分解为第一、第二、第三产业平均全要素生产率的增长带来的贡献以及结构调整带来的贡献两个方面。按照新古典经济增长理论,在传统的劳动、资本投入要素之外加上能源投入这一要素,假设全省总的经济产出为 $Y$ ,经济增长率为 $y$ , $Y_3$ 、 $Y_2$ 与 $Y_1$ 分别表示第三、二、一产业总产值,相应地 $y_3$ 、 $y_2$ 、 $y_1$ 表示第三、二、一产业产值增长率,求出第三、第二、第一产业的全要素生产率的增长率 $TFP_3$ 、 $TFP_2$ 和 $TFP_1$ 以及全省的全要素生产率的增长率 $TFP$ ,因此经济增长中的技术进步效应为:

$$T = \sum_{i=1}^3 \frac{Y_i}{Y} \times TFP_i \quad (9)$$

则结构调整效应为:

$$S = TFP - T \quad (10)$$

因此,可以得到结构调整和技术进步对经济增长的贡献率如下:

$$\sigma_T = \frac{T}{y}, \sigma_S = \frac{S}{y} \quad (11)$$

第三、二、一产业的总产值、从业人员总数、固定资产投资总额以及能源消耗量数据来源于安徽统计局、《中国能源统计年鉴》以及《中国固定资产投资统计年鉴》。计算结果见表4所示。

表4 技术进步和结构调整对经济增长的贡献率

年份	$\sigma_T$	$\sigma_S$	年份	$\sigma_T$	$\sigma_S$
1996	-0.323	0.410	2006	-0.409	0.250
1997	-0.349	1.160	2007	-0.298	0.420
1998	1.368	-2.443	2008	0.189	-0.050
1999	1.585	-1.950	2009	-0.374	0.350
2000	-8.504	6.078	2010	0.289	-0.015
2001	-0.075	0.449	2011	1.024	-0.824
2002	0.008	0.025	2012	0.484	-0.803
2003	-0.784	1.258	2013	0.449	-0.262
2004	0.318	-0.192	2014	0.303	0.111
2005	-0.050	-0.164	2015	0.133	-0.119

## 2. 结果分析

根据式(4)、(11)及表4的计算结果,可以测算出安徽省1996—2015年20年间技术进步和结构调整的回弹效应,计算结果见表5所示。总体而言,结构调整和技术进步都能促进对能源的充分利用,从而减少对能源的过度消耗,但结构调整和技术进步的能源回弹效应也明显存在,并且其回弹效应大小在不同年份呈现较大的差异性。具体来说,在研究的1996—2015年有7年的技术进步回弹效应处于1.5%~59%之间;技术进步的回弹效应在1998年、1999年、2011年和2012年大于100%;有9年的技术进步回弹效应小于零,说明在这些年份能效的提高可以减少对能源的使用。分析结构调整视角下的回弹效应可知,有8年的结构调整回弹效应处于4%~84%之间;其中结构调整的回弹效应在2000年和2003年大于100%,表明在这些年份存在回火效应;有10年的结构调整回弹效应小于零,意味着在这些年份能源利用率的提升可以减少对能源的消耗。

表5 技术进步和结构调整的回弹效应

年份	技术进步回弹效应	结构调整回弹效应	年份	技术进步回弹效应	结构调整回弹效应
1996	-0.534	0.678	2006	-1.014	0.619
1997	-0.252	0.838	2007	-0.514	0.724
1998	3.704	-6.614	2008	0.268	-0.070
1999	4.406	-5.419	2009	-0.721	0.677
2000	-0.409	2.921	2010	0.428	-0.023
2001	-0.120	0.717	2011	1.438	-1.158
2002	0.015	0.044	2012	1.146	-1.901
2003	-0.939	1.507	2013	0.581	-0.339
2004	0.558	-0.337	2014	0.397	0.146
2005	-0.129	-0.423	2015	0.250	-0.224

## 五、结论与政策建议

安徽省目前经济结构仍以第二产业为主,能源消耗量在逐年增加,所以提高能源效率、减少能源消耗对安徽省未来的低碳经济发展有着深远的影响。因此,本文以1996—2015年为研究区间,对安徽省能源回弹效应进行了测算,结果表明:(1)技术进步回弹效应明显存在,且大多数年份的技术进步回弹效应处于2%~

60%之间,其中2000年的回弹效应大于100%,有6年的技术进步回弹效应小于零,表明在这些年份能源利用率的提高有利于减少对能源的使用;(2)在此基础上,本文将能源效率的回弹效应扩展为技术进步的回弹效应和结构调整的回弹效应,测算结果表明,有7年的技术进步回弹效应处于1.5%~59%之间,8年的结构调整回弹效应介于4%~84%之间,2000年和2003年的结构调整回弹效应大于100%,且不同年份其回弹效应存在较大差异;(3)引入结构调整回弹效应后,技术进步回弹效应有所降低,且结构调整的回弹效应大于技术进步的回弹效应。

综合以上分析,本文为安徽省提高能源效率、节能减排提出以下几点政策建议。

第一,对能源结构进行优化,促进对能源的充分利用。煤炭在安徽省能源结构中仍占有较高的比重,近年来煤炭这一能源的使用量在不断增加且煤炭的利用效率较低。因此,安徽省一方面需要对能源消费结构进行调整,可以大力推进生物质能、太阳能、风能等新能源产业的发展,促进能源利用率的提高;另一方面可以通过发展煤炭工业循环经济来实现煤炭能源利用率的提高。

第二,对节能激励机制进行完善,建立有针对性的节能财税激励政策。例如,对一些节能效果比较好的企业给予适当的税收优惠,促进企业减少对能源的消耗和自主使用相对环保的能源,同样对一些高能耗的企业扩大其消费税征收范围。这样能够减少对能源的过度使用,推动低碳经济的快速发展。

第三,规范能源市场价格,促进区域间能源低碳技术的共享,提高能源效率。一方面我国的能源价格没有充分体现能源的稀缺性,且长期以来受到约束,使得能源没有得到充分有效的利用,造成能源的浪费。因此,应规范能源市场价格,使得能源价格能够充分体现市场的需求,促进能源的合理消费;另一方面应促进区域间能源低碳技术的共享,区域之间在学习和引进先进的能源使用技术和管理理念的同时,也要对自身创新能力进行提升,进而实现区域能源利用效率的共同提高。

## 参考文献:

- [1] Khazzoom, J D. Energy Savings from the Adoption of More Efficient Appliance[J]. *Energy Journal*, 1987, 3(1):117-124.
- [2] Brookes, L G. Energy Efficiency and Economic Fallacies: A Reply[J]. *Energy Policy*, 1992(20):390-392.
- [3] 李强,魏巍,徐康宁. 技术进步和结构调整对能源消费回弹效应的估算[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014(10):64-67.
- [4] Jevons W S. The Coal Question: Can Britain Survive? [J]. *Environment and Change*, 1974,2(6):373-380.
- [5] Saunders H D. The Khazzoom - Brookes Postulate and Neoclassical Growth[J]. *Energy Journal*, 1992,13(4):131-148.
- [6] Herring H. Does Energy Efficiency Save Energy: the Implications of Accepting the Khazzoom - Brookes Postulate[J]. *Applied Energy*, 1998,63(3):209-226.
- [7] Birol F, Keppler J H. Prices, Technology Development and the Rebound Effect[J]. *Energy Policy*, 2000,28(6-7):457-469.
- [8] Schipper L, Grubb M. On the Rebound? Feedback Between Energy Intensities and Energy Uses in IEA Countries[J]. *Energy Policy*, 2000,28(6-7):367-388.
- [9] Semboja H H H. The Effects of an Increase in Energy Efficiency on the Kenyan Economy[J]. *Energy Policy*, 1994,22(3):217-225.
- [10] Dufournaud C M, Quinn J T, Harrington J J. An Applied General Equilibrium Analysis of a Policy Designed to Reduce Household Consumption of Wood in Sudan[J]. *Resource and Energy Economics*, 1994(16):67-90.
- [11] Branlund R, Ghalwash T, Nordstrom J. Increased Energy Efficiency and the Rebound Effect: Effects on Consumption and Emissions[J]. *Energy Economics*, 2007,29(1):1-17.
- [12] Haas R, Schipper L. Residential Energy Demand in OECD - Countries and the Role of Irreversible Efficiency Improvements[J]. *Energy Economics*, 1998,20(4):421-425.
- [13] Bentzen J. Estimating the Rebound Effect in US Manufacturing Energy Consumption[J]. *Energy Economics*, 2004,26(1):123-134.
- [14] Greening L A, Greene D L, Difiglio C. Energy Efficiency and Consumption - the Rebound Effect - a Survey[J]. *Energy Policy*, 2000(28):389-401.
- [15] 周勇,林源源. 技术进步对能源消费回报效应的估算[J]. *经济学家*, 2007(2):45-52.
- [16] 王群伟,周德群. 能源回弹效应测算的改进模型及实证研究[J]. *管理学报*, 2008,5(5):688-691.
- [17] 王敬敏,聂婧. 基于二级嵌套式 CES 函数的北京市能源回弹效应研究[J]. *统计与决策*, 2016(16):97-99.
- [18] 杜颖,肖荣阁,司慧娟. 基于状态空间模型的河北能源回弹效应研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2016(3):19-24.
- [19] 胡秋阳. 回弹效应与能源效率政策的重点产业选择[J]. *经济研究*, 2014(2):128-140.
- [20] 李元龙,陆文聪. 生产部门提高能源效率的宏观能耗回弹分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011(11):44-49.
- [21] 刘伟,张辉. 中国经济增长中的产业结构变迁和技术进步[J]. *经济研究*, 2008(11):4-15.