

# 产业结构升级有利于能源效率的提升吗?

## ——基于财政分权的门槛回归模型检验

纪玉俊<sup>1 2</sup> 戴洁清<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学 经济学院, 山东 青岛 266100;

2. 教育部人文社会科学重点研究基地 中国海洋大学 海洋发展研究院, 山东 青岛 266100)

**摘要:** 能源作为重要的生产要素,其投入使用会极大地提高生产效率,是我国经济社会可持续发展的物质基础。产业结构升级对能源效率提升发挥着重要作用,而财政分权是中国经济发展的重要制度背景,产业结构升级和能源效率提升的过程与其有着密切的关系。基于我国1997—2015年30个省份的面板数据,以财政分权为门槛变量,通过构建门槛回归模型发现,产业结构升级对能源效率的影响存在门槛效应:在财政分权程度较低时,产业结构升级对能源效率的提升产生显著的负向阻碍作用;随着财政分权程度进一步加深,产业结构升级对能源效率的影响由负向阻碍作用转为正向促进作用;当财政分权继续深化时,产业结构升级对能源效率的影响又变为显著的负向阻碍作用,这说明适度的财政分权有助于产业结构升级的能源效率提升效应。针对实证分析结果,可以考虑采用适度分权原则;改革政府激励和绩效考核制度,坚持绿色化为导向的产业结构转型升级;推进产业技术进步,加快能源结构调整。

**关键词:** 产业结构升级; 能源效率; 财政分权; 门槛回归

**中图分类号:** F421      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-6049(2019)04-0001-12

### 一、引言与文献综述

能源作为重要的生产要素,其投入利用极大地提高了企业的生产效率,推动了社会经济发展,是我国经济社会可持续发展的物质基础。伴随着中国工业化与城市化进程的推进,高投入、高污染、高能耗的粗放型发展模式使得能源供求矛盾和生态环境恶化问题日渐突出,能源问题亟待解决。我国已经充分认识到这一问题的严重性,将节能减排、保护环境作为当前重要任务之一,同时“十九大”报告明确提出我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段,提升能源效率正是实现高质量发展的重要途径,而产业结构升级则与能源效率提升有着密切关系。

就目前的文献而言,关于产业结构升级影响能源效率的研究和讨论出现了不同观点。一种观点认为产业结构升级对能源效率的提升产生显著的积极影响。齐志新等<sup>[1]</sup>通过对能源消费按因素进行分解,得出在2001年之前,工业的轻重结构变动很小,对能源强度降低的效果不明显,但从2002年开始,工业轻重结构的变化是提高能源效率的重要因素,其影响程度越来越大。魏楚和沈满洪<sup>[2]</sup>通过对

收稿日期:2019-04-14;修回日期:2019-06-19

基金项目:国家社会科学基金一般项目(16BJL069)

**作者简介:** 纪玉俊(1975—),男,山东青岛人,中国海洋大学经济学院副教授,博士,教育部人文社会科学重点研究基地(中国海洋大学海洋发展研究院)研究员,研究方向为产业经济、海洋经济;戴洁清(1994—),女,山东滨州人,中国海洋大学经济学院硕士研究生,研究方向为产业升级与产业集聚。

省级面板数据的研究发现,第三产业在GDP中占比上升1%,能源效率将提高0.44%左右,且产业结构对能源效率提升的作用逐渐增强。肖挺和刘华<sup>[3]</sup>从产业结构均衡和产业结构优化两个维度讨论了产业结构调整对碳排放的影响,发现产业结构均衡化有助于减少碳排放和提高能源效率。Cui<sup>[4]</sup>对我国2001—2012年期间能源强度与产业结构升级的关系进行研究发现,两者之间存在相互影响,高耗能产业迅速发展严重阻碍了能源效率的提升。唐晓华和刘相锋<sup>[5]</sup>使用Geweke因果检验方法对我国制造业结构优化和能源效率展开研究发现,制造业结构升级与能源效率提升会形成正向反馈,具有相互促进作用。另外一种观点认为产业结构升级对能源效率的提升效果很小,甚至会产生负面影响。韩智勇等<sup>[6]</sup>把能源强度分为结构份额和效率份额进行定量分析,发现我国在1980—2000年期间,能源效率的提升主要来自各产业部门能源强度的下降而非产业结构的调整升级。吴巧生和成金华<sup>[7]</sup>使用拉式指数对我国能耗强度进行因素分解,发现产业结构的调整对降低能源消费和提升能源效率起阻碍作用。王玉潜<sup>[8]</sup>、林伯强和杜克锐<sup>[9]</sup>通过重新构建分析框架证实了产业结构升级阻碍了能源效率的提升。

从上述关于产业结构影响能源效率的研究成果来看,大多数学者考虑的是产业结构升级与能源效率提升的单一线性关系,而忽视了可能存在某种外在因素在产业结构升级与能源效率提升之间所起的关键作用。财政分权作为中国重要的制度背景,在区域产业结构升级和能源效率提升中发挥着重要影响,因此将财政分权纳入产业结构升级与能源效率提升这一关系中也是题中应有之义。除此之外,大多数学者对产业结构升级的测度主要着眼于产业间相对比值的变化,而单纯采用数量份额来度量产业结构升级会带来“虚高度化”。有鉴于此,相比以往的研究,本文从两个方面进行了改进:一是将财政分权纳入其中,考虑在不同的财政分权程度下,产业结构升级对能源效率提升的作用是否会发生变化;二是在产业结构升级指标的选取方面,重新构造指标,从数量和质量的综合角度反映产业结构升级水平。

本文余下部分的结构安排如下:第二部分是计量模型设定、变量选取与数据来源;第三部分是实证结果分析与稳健性检验;第四部分为结论与政策建议。

## 二、计量模型设定、变量选取与数据来源

### (一) 计量模型设定的理论基础

根据能源效率的定义,能源效率的提升一般通过两种途径实现,即在能源消费量不变的情况下尽可能增加经济产出,或者在经济产出不变的情况下尽可能降低能源消耗。在研究产业结构升级对能源效率影响的作用机制时,本文认为产业结构升级对能源效率的作用主要通过规模效应、结构红利以及产业内部技术优化三种路径得以发挥。

产业结构升级对能源效率的内在影响机制首先反映在规模效应方面。产业结构升级的过程伴随着经济总量的增加与经济效益的提升。对于产业内部而言,当产业自身发展规模不断扩大时,意味着劳动力、资金、设备、能源等要素的需求量不断增加,根据经济学中的生产函数,更多的要素投入会带来更多的经济产出,但能源投入增长速度并非能与经济产出的增长速度保持一致,当能源消费量增长快于经济产出增长时,这一产业整体的能源效率将会降低,而当能源消费量增长低于经济产出增长时,这意味着产业的整体能源效率将会提高,即产业总体规模增长会对能源效率带来影响。从产业间的角度来看,产业结构升级必定带来不同产业之间的规模比例发生变化,而不同产业的能源效率水平存在明显差异,当产业发展重心从以农业为主体向以工业为主体转移,或者由高能耗高污染的传统工业向低能耗无污染的新兴产业转移时,其要素使用规模和生产方式的改变,刺激了经济活动中对能源的需求变化,最终导致能源效率水平发生改变。产业结构升级的过程意味着产业素质与生产效率不断提升,必然会引致高生产率产业规模的不断扩大,低生产效率产业规模不断缩减甚至被淘汰,同时高生产率产业的能源利用效率相对比低生产率产业更高,产业结构不断升级、产业规模比例不断变动的过程中必然会带来能源效率的提升。

产业结构升级对能源效率的内在影响机制可以反映在“结构红利假说”理论中,Denison<sup>[10]</sup>和

Maddison<sup>[11]</sup>认为,产业各部门之间的生产率水平与增长速度本身存在系统性差别,当能源要素由较低生产率或生产率增速较低的部门转移到较高生产率或生产率增速较高的部门时,等量的能源要素会创造出相对更多的经济价值,因而能源要素自身的流动会促进各产业部门所组成的经济体总能源效率的提升。而产业结构升级在本质上是资源要素在不同产业间流动、生产要素重新配置与效率提升的过程,产业结构的不断升级意味着生产要素在不同产业间的自由流动性加强,生产要素本身具有逐利性和追求利益最大化的特点,因此产业结构升级带来的要素流动性增强保证了能源要素由低效率部门向高效率部门的转移,进而提升了能源效率。也就是说,产业结构升级正是实现能源要素从低生产率部门向高生产率部门流动的基础和条件。

产业结构升级对能源效率的内在影响路径还体现在产业内部技术优化、工艺革新方面。在工业化发展初期,工业发展大多以重工业为主,发展粗放式经济,高新技术产业等轻型化产业发展落后,工业内部能源消耗强度较大,同时产业内部技术水平落后,各种投入要素的利用率水平相对较低,生产成本过高。随着产业内部结构的不断调整与升级,生产规模与生产方式相对更加合理化和高效化,生产效率和资源配置水平有了较大的提升。此时伴随着生产效率的提高可以在产业内部“释放”出更多的资本,以用于产业技术的改造与革新。产业技术的更新与进步会降低产品的生产成本,提高企业生产效益,将生产的最大可能性边界外移,从而带来更多的经济产出,同时会进一步推动新工艺、新能源的应用以及低耗环保产业的出现和发展,降低生产过程中的能源消耗,最终共同实现能源效率的提升。基于以上分析,我们得到假说1:

H1: 产业结构升级有利于能源效率的提升。

财政分权是中国经济发展的重要制度背景,产业结构升级和能源效率提升的过程与其有着密切的关系。因此,将财政分权纳入产业结构升级与能源效率提升这一关系中是题中应有之义,也就是考虑财政分权下产业结构升级对能源效率提升的作用路径是否会产生影响。具体而言,财政分权体制下地方政府对地方事务有较大自主权,其调控思路、政策实施和管理安排将直接影响到产业结构调整升级效果,进而对能源效率产生影响。财政分权在产业结构升级与能源效率之间起何种作用主要取决于财政分权制度带来的正向效应和负向效应的合力<sup>[12]</sup>。财政分权的正向影响主要表现为:财政分权体制下,中央政府会将部分财政权力下放,地方政府拥有较多可支配财政收入,其积极性与行政效率得到提高。其中各项财政支出安排、税费优惠政策以及倾斜性财政支持政策的实施有助于促进地区间的技术扩散和技术创新,引导产业的优化方向,推动产业结构升级,进而提升能源效率。同时,“新常态”下中国经济发展面临越来越严重的能源环境约束问题,这使得地方政府必须重视节能减排问题,加快能源利用技术的研发、扶持低耗环保产业的发展,加快生产资源的优化配置,降低能源强度,提升能源效率。负向影响主要表现为:财政分权容易造成地方政府目标与上级要求相偏离,从而产生行为异化的结果。财政分权体制下,地方官员努力增加财政收入的激励得到明显增强,地方政府会以过度消耗能源和贴现未来为代价追求资本投资与经济快速增长,导致政府行为可能会偏离目标要求。财政分权带来的市场分割导致资源配置发生严重扭曲,地方保护主义引发产业结构趋同,使其难以实现规模经济,造成能源效率的损失<sup>[13]</sup>,具体表现为地方政府会倾向发展重化工业等高投资、高能耗、短期回报高的产业,而忽视可以带来长期经济效益的低耗能产业,导致产业发展方向与本应升级的方向相背离。财政分权下地区间竞争激烈容易造成地方保护主义现象,这种“以邻为壑”的地方保护主义不利于要素流动以及外商直接投资的引入,阻碍了资源配置和技术扩散。同时,地方保护主义的存在也影响了市场机制的发展与完善,造成产业竞争力缺失,高生产率、低耗能的产业发展缓慢,导致资源错配,最终不利于能源效率的提升。由此,财政分权在产业结构升级对能源效率的影响机制中产生的效果最终取决于财政分权的正向效应与负向效应的合力。因此我们得到假说2:

H2: 不同程度的财政分权会影响产业结构升级对能源效率的提升效果。

基于上述分析,产业结构升级主要通过规模效应、结构红利以及产业内部技术革新等路径促进能源效率提升,而在这一过程中,我国的财政分权制度背景发挥着重要作用,其传导机制如图1所示。

(二) 计量模型设定

产业结构升级是推动能源效率提升、降低能源消耗强度的重要因素。基于此, 本文将产业结构升级作为核心解释变量, 能源效率作为被解释变量, 建立面板回归模型如下:

$$EE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 CYSJ_{it} + \alpha_2 AGDP_{it} + \alpha_3 AGDP_{it}^2 + \alpha_4 TECH_{it} + \alpha_5 EB_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

(1) 式中  $EE_{it}$  为能源效率,  $CYSJ_{it}$  为产业结构升级; 控制变量中  $AGDP_{it}$  和  $AGDP_{it}^2$  分别为人均 GDP 及其二次项,  $TECH_{it}$  为技术水平,  $EB_{it}$  为能源禀赋,  $\mu_{it}$  为随机扰动项,  $i、t$  则分别代表了地区与时间维度。

考虑到不同程度的财政分权在产业结构升级对能源效率影响机制中的作用效果可能存在差异性, 一般做法是在回归方程中加入交互项进行分析。但是在加入交互项进行回归时, 交互项系数形式存在不确定性, 同时求解和分析更为复杂<sup>[14]</sup>。因此, 为了更加准确地研究不同财政分权水平下产业结构升级对能源效率影响的差异性, 本文采用 Hansen<sup>[15]</sup> 提出的门槛回归模型。单一门槛回归模型可以表示为:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} I(q_{it} \leq \eta) + \beta_2 X_{it} I(q_{it} > \eta) + \beta_3 Z_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

(2) 式中  $y_{it}$  为被解释变量,  $X_{it}$  为核心解释变量,  $Z_{it}$  为控制变量,  $I(\cdot)$  为指示变量,  $q_{it}$  为门槛变量,  $\eta$  为门槛值。若  $q_{it} \leq \eta$  时  $I(q_{it} \leq \eta) = 1, I(q_{it} > \eta) = 0$ ; 若  $q_{it} > \eta$  时  $I(q_{it} \leq \eta) = 0, I(q_{it} > \eta) = 1$ 。

对模型 (2) 进行估计时, 首先需要确定门槛值  $\eta$  的大小。根据 Hansen 的门槛回归理论, 首先将门槛变量的观测值带入模型, 进行最小二乘回归得到残差平方和  $SSR(\eta)$ , 此时选择残差平方和最小时所对应的门槛值作为真实的门槛值, 即  $\eta = \text{argmin}SSR(\eta)$ 。在估计得到门槛值后还需要进行门槛效应的显著性检验。原假设为  $H_0: \beta_1 = \beta_2$ , 表示不存在门槛效应; 备择假设为  $H_1: \beta_1 \neq \beta_2$ , 表示  $\beta_1$  与  $\beta_2$  在两个区间有不同的效果。在原假设下得到的残差平方和记为  $S_0$ , 在备择假设下得到的残差平方和记为  $S_1$ , 可构建似然比统计量  $LR = \frac{(S_0 - S_1(\eta^*))}{\sigma^2}$ , 其中  $\sigma^2 = \frac{S_1(\eta^*)}{n(T-1)}$ 。由于受到原假设下门槛值不确定性的干扰, 造成  $LR$  统计量的非标准化。为有效克服该问题, 本文使用“自助抽样法”转换获得大样本下的渐进有效  $P$  值, 并给出计算拒绝域的公式, 在显著性水平  $\alpha$  下, 如果  $LR(\eta^*) > -2\log(1 - \sqrt{1 - \alpha})$ , 拒绝原假设; 反之不拒绝原假设。以上为存在单一门槛值的情况, 实际中还会存在多重门槛值。多重门槛回归模型的构建与检验原理与上述情况相似, 在此不再赘述。

根据上述门槛回归模型的特征, 以单一门槛为例, 结合本文设定的变量所构建的门槛回归模型如下:

$$EE_{it} = \beta_0 + \beta_1 CYSJ_{it} I(czfq_{it} \leq \eta) + \beta_2 CYSJ_{it} I(czfq_{it} > \eta) + \beta_3 AGDP_{it} + \beta_4 AGDP_{it}^2 + \beta_5 TECH_{it} + \beta_6 EB_{it} + \mu_{it} \quad (3)$$

(3) 式中  $EE_{it}$  为能源效率,  $CYSJ_{it}$  为产业结构升级,  $czfq_{it}$  为财政分权,  $AGDP_{it}$  和  $AGDP_{it}^2$  分别为人均 GDP 及其二次项,  $TECH_{it}$  为技术水平,  $EB_{it}$  为能源禀赋,  $\mu_{it}$  为随机扰动项,  $i、t$  则分别代表了地区与时间维度。

(三) 变量选取与数据来源

1. 被解释变量: 单要素能源效率 (EE)

能源效率一般是用来衡量单位能源消耗所带来的经济效益, 能源效率越高, 代表对整个经济、社

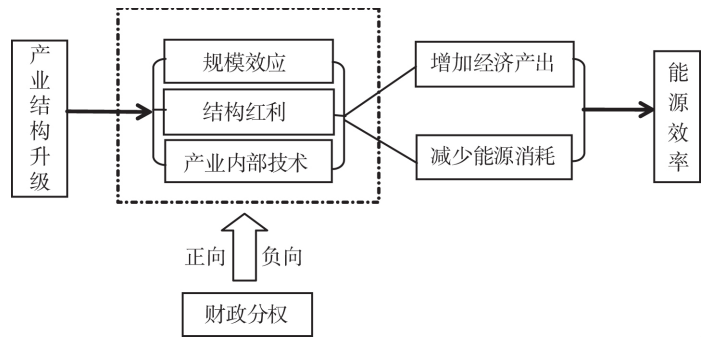


图1 财政分权、产业结构升级与能源效率的影响机制

会和环境的可持续发展的贡献率越高。能源效率的测度通常分为单要素能源效率和全要素能源效率两种计算方式。前者将能源作为投入要素,后者需要考虑能源、资本与劳动力要素投入之间的相互作用。相对单要素能源效率,由于全要素能源效率测度方法的多样性和使用条件的差异性,使得研究者在测度方法的选择上有一定的困难<sup>[16]</sup>,研究结果也会因测度方法的不同而产生偏差。单要素能源效率的计算则较为方便,更能直观地表示宏观层面的能源利用效率,也便于进行国际层面上能源效率水平的比较。因此,本文采用单要素能源效率测度方法。其计算公式如下:能源效率  $EE = \text{国内生产总值} / \text{能源消耗总量}$ ,其数值越大,代表单位能源消耗带来的产值越多,能源效率越高。

## 2. 核心解释变量:产业结构升级(CYSJ)

目前大部分衡量产业结构升级的指标通常采取产值之比,包括非农经济产值与农业产值之比,第三产业与第二产业之比等方式。刘伟和蔡志洲<sup>[17]</sup>、国家发改委宏观经济研究院课题组<sup>[18]</sup>对此类指标提出了批评,他们认为,单纯采用数量份额来度量产业结构升级会带来“虚高度化”,并不能反映产业结构升级的本质。而周昌林和魏建良<sup>[19]</sup>认为劳动生产率的提高是生产专业化和生产分工的集中体现,也是产业结构升级水平的集中体现。因此,本文采用周昌林和魏建良<sup>[19]</sup>提出的劳动生产率来测度产业结构升级,同时考虑到能源效率的提升与工业部门的结构水平关系更为密切,本文主要研究制造业内部的结构升级与我国能源效率提升之间的关系。其计算公式为  $CYSJ = \sum_{i=1}^n k_i \sqrt{\frac{p_i}{I_i}}$ ,其中  $i$  的取值为 1、2、3、...、 $n$ ,  $k_i$  表示各制造业行业产值占工业产值的比重,  $p_i$  表示各制造业行业的产值数,  $I_i$  为各制造业行业的年末就业人数,  $\frac{p_i}{I_i}$  为各制造业的劳动生产率,  $n$  代表 21 个制造业产业<sup>①</sup>。由于各制造业的劳动生产率存在较大的差距,因此对其开方以提高数据变化的敏感度。 $CYSJ$  数值越高,代表产业结构升级水平越高。

## 3. 门槛变量:财政分权(czfq)

考虑到财政分权指标需要合理反映改革开放以来中央与地方财政关系的变化,既要反映时间上分税制改革后财政自主权下降的事实,又要反映财政分权水平的地区性差异,最终本文考虑将财政收入指标作为财政分权程度的测度标准。本文参考龚锋和雷欣<sup>[20]</sup>的方法衡量财政分权,其计算公式为:财政分权度 = 地方本级预算收入 / (地方本级预算收入 + 中央政府转移支付),其中地方本级预算收入与中央政府的转移支付加总构成了地方总财政收入。计算所得数值越大,代表该地区的财政分权程度越高。在进行稳健性检验的过程中,本文考虑将财政支出自治率( $EA$ )作为财政分权的替代指标,它是地方本级预算支出减去中央转移支付后的余额占地方预算总支出的比例。

## 4. 控制变量

本文参考潘雄锋等<sup>[14]</sup>的做法,结合本文研究问题分别选取了人均国内生产总值( $AGDP$ )、技术水平( $TECH$ )以及能源禀赋( $EB$ )作为控制变量。

人均国内生产总值( $AGDP$ ):地区经济发展水平作为影响能源效率的重要因素不可忽略,而环境污染的减弱又是能源效率显著提升的一个外在表现,因此本文考虑在引入人均 GDP 的同时,加入了二次项形式,以验证是否存在环境库兹涅茨曲线假说。尽管目前学者们对于环境污染与人均 GDP 之间是否存在显著的倒“U”型关系还没有确定的结论,但为了尽量避免模型的设定偏差,在模型中引入了人均 GDP 的平方。

技术水平( $TECH$ ):技术水平进步是促进产业内技术工艺改进升级和提高能源利用效率的重要动

<sup>①</sup>包括农副食品加工业、食品制造业、酒、饮料和精制茶制造业、烟草制品业、纺织业、纺织服装、服饰业、造纸和纸制品业、石油加工、炼焦和核燃料加工业、化学原料和化学制品制造业、医药制造业、化学纤维制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、交通运输设备制造业、电气机械和器材制造业、计算机、通信和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业。

力在能源利用效率提升方面发挥着巨大的作用。因此,本文参考孙庆刚等<sup>[21]</sup>的方法,采用平均每万人拥有专利权数量来衡量技术水平,拥有专利数越多,代表该地区的技术水平越高。

能源禀赋(EB):能源禀赋是指某地区能源生产量,代表地区的能源拥有程度。一般而言,能源禀赋的增加意味着能源消费可能性边界的外移,从而不利于能源效率的提升。本文使用地区当年原煤生产量与全国当年原煤生产量之比作为能源禀赋水平。数值越大,代表本地区的能源禀赋越高。

本文研究对象为制造业行业,由于数据的连贯性与数据缺失的影响,最终筛选为21个细分行业。本文全部数据均来源于各省1998—2016年统计年鉴、《中国财政年鉴(1998—2016)》《中国能源统计年鉴(1998—2016)》《中国工业经济统计年鉴(1998—2016)》《中国科技统计年鉴(1998—2016)》。其中部分省份的个别数据缺失,采用插值法进行补充调整。鉴于西藏地区能源数据的缺失,故剔除西藏的样本,最终采用1997—2015年30个省级区域的面板数据。

在进行计量回归前,对各个变量进行描述性统计,其结果如表1所示。

表1 样本描述性统计

变量	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
能源效率(EE)	570	0.921 12	0.502 10	0.191 24	3.358 32
产业结构升级(CYSJ)	570	8.251 18	4.569 81	2.396 69	40.550 77
财政分权(czfq)	570	0.500 63	0.152 32	0.135 80	0.837 61
人均GDP(AGDP)	570	2.388 10	2.088 58	0.219 91	10.690 49
技术水平(TECH)	570	0.493 08	1.294 01	0.079 12	16.263 47
能源禀赋(EB)	570	0.033 33	0.051 57	0 <sup>①</sup>	0.269 16
财政支出自治率(EA)	570	0.487 29	0.139 26	0.101 74	0.830 66
人均能源生产量(AEB)	570	0.530 02	0.840 51	0 <sup>②</sup>	7.181 86

### 三、实证结果分析与稳健性检验

#### (一) 引入交互项的回归

为了识别财政分权在产业结构升级对能源效率提升中的作用效果,我们首先考虑在能源效率回归模型中加入产业结构升级与财政分权的交互项。具体回归模型如下:

$$EE = \alpha_0 + \alpha_1CYSJ_{it} + \alpha_2AGDP_{it} + \alpha_3AGDP_{it}^2 + \alpha_4TECH_{it} + \alpha_5EB_{it} + \alpha_6CYSJ_{it} \times czfq_{it} + \mu_{it} \quad (4)$$

在交互模型(4)式中,产业结构升级CYSJ对能源效率EE的影响系数与财政分权czfq有关,是由 $\alpha_1 + \alpha_6czfq$ 决定的。对交互模型进行面板固定效应回归后的结果如表2所示。

通过表2可知,产业结构升级对能源效率的影响系数由(0.007 3 - 0.267 5czfq)所决定,也就是说产业结构升级对能源效率起促进作用还是抑制作用取决于财政分权的程度。交互项系数为-0.267 5,并且在1%的水平下显著,说明产业结构升级对能源效率的促进作用会随着财政分权的加深而减弱,甚至财政分权的进一步加深会致使产业结构升级对能源效率的提升起阻碍作用。具体而言,当 $czfq < 0.027 3$ (0.007 3/0.267 5)时,产业结构升级对能源效率产生正向促进作用;而当 $czfq > 0.027 3$ 时,产业结构升级对能源效率产生负向阻碍

表2 交互模型回归结果

解释变量	系数估计值	t 统计量	P 值
CYSJ	0.007 3	3.27	0.001
AGDP	0.210 6	21.10	0.000
AGDP <sup>2</sup>	-0.008 6	-6.81	0.000
TECH	0.135 4	15.82	0.000
EB	-1.258 5	-4.75	0.000
CYSJ × czfq	-0.267 5	-3.29	0.001

①天津、上海地区原煤生产量为0。

②天津、上海地区人均能源生产量为0。

作用。

但是,交互项回归自身存在一定的缺陷。在该模型回归结果中,产业结构升级对能源效率的作用存在正向和负向两种可能性,关键取决于财政分权的程度。然而随着财政分权程度的改变,产业结构升级对能源效率的影响不一定仅仅是由正向到负向的单一作用方式,有可能存在更多的作用区间。同时,交互项形式的不确定性和求解分析的复杂性也给本文研究带来困难,因此,本文将运用门槛回归模型继续对财政分权与产业结构升级和能源效率之间的关系展开进一步研究。

(二) 门槛回归

在进行全部样本的门槛回归前,需要对门槛的个数和门槛值大小进行确定。相关操作在 Stata14.0 软件中进行,门槛效果的检验和门槛估计值如表 3 和表 4 所示。

在采用 Bootstrap 法反复抽样 1 000 次后,门槛效果的检验结果如表 3 显示,当财政分权作为门槛变量时,单一门槛回归和双重门槛回归在 1% 的置信水平下都是显著的,而三重门槛回归的  $F$  值为 4.987 6,小于 1% 置信水平下的临界值 6.398 1,即三重门槛回归未通过 1% 的显著性检验。因此,本文采用双重门槛模型进行回归分析。根据表 4 的结果得到财政分权变量的两个门槛值分别为 0.304 5 和 0.456 3,这两个门槛值将财政分权分为  $[0.135 8, 0.304 5]$ 、 $[0.304 5, 0.456 3]$  以及  $[0.456 3, 0.837 6]$  共 3 个区间,以进一步研究在三个不同的财政分权区间内产业结构升级对能源效率的差异化影响。

为更加明显地反映财政分权在产业结构升级与能源效率关系中产生的影响,本文对不加入财政分权的普通面板回归模型和以财政分权为门槛变量的双重门槛模型分别进行了分析。

1. 普通固定效应回归模型

从表 5 可以看出,对于全部样本而言,产业结构升级对能源效率的提升起到正向促进作用,且结果非常显著,这与我们前面提出的假说 1 预期一致,表明产业结构升级是影响能源效率提升的一个重要因素。事实上,产业结构升级意味着各行业生产要素的利用效率与资源配置水平得到提升。一方面,等量的能源投入由于自身利用效率水平的提高能够带来更多的经济效益;另一方面,产业结构内部优化带来资本释放,会加快环保技术和清洁能源的发展,减少能源消耗,从而使能源效率得以提升。

控制变量中,从人均 GDP( $AGDP$ ) 及其二次项 ( $AGDP^2$ ) 的回归结果来看,  $AGDP$  的系数为 0.227 1,  $AGDP^2$  的系数为 -0.010 8,且都在 1% 的水平上显著,说明了人均 GDP 与能源效率之间存在倒“U”型关系,经济水平过低或过高对能源效率的提升都会产生不利影响。从环境角度来说,环境污染与经济水平并未呈现出一般发达国家所表现出的倒“U”型关系,而是在中国国情下呈现出“U”型关系的“本土化”特征,这一结论与杨万平和袁晓玲<sup>[22]</sup>的研究一致。技术水平( $TECH$ )的系数为 0.138 9,通过 1% 的显著性检验,说明技术进步对能源效率起到显著促进作用。一般而言,技术创新与进步会伴随着新工艺和新技术的出现,这些工艺和技术在生产中的

表 3 门槛效果检验

	单一门槛检验	双重门槛检验	三重门槛检验
$F$ 值	57.946 7	9.802 2	4.987 6
$P$ 值	0.000 0	0.003 0	0.029 0
1% 置信水平	6.951 5	7.228 4	6.398 1

注:  $P$  值和临界值均是采用 Bootstrap 法模拟 1 000 次后得到的结果。

表 4 门槛值估计结果与置信区间

门槛值	估计值	95% 的置信区间
第一个门槛值	0.304 5	[0.265 4, 0.338 8]
第二个门槛值	0.456 3	[0.456 3, 0.461 2]

表 5 普通固定效应回归结果

变量名称	系数估计值	$t$ 值	$P$ 值
$CYSJ$	0.374 9	2.823 5	0.004 9
$AGDP$	0.227 1	23.876 2	0.000 0
$AGDP^2$	-0.010 8	-7.815 8	0.000 0
$TECH$	0.138 9	10.615 5	0.000 0
$EB$	-1.209 8	-3.381 4	0.000 8

应用会显著提高资源的利用效率,从而实现在同等投入下拥有更多产出或者在同等产出条件下减少能源要素的投入。除此之外,技术进步也会影响产业结构的变动,促进附加值较高的技术密集型产业的发展,降低能源消耗,提升能源效率。能源禀赋( $EB$ )的系数为 $-1.2098$ ,在 $1\%$ 的水平下显著,这表明地区能源禀赋越高,能源效率越低。这是因为能源丰裕的地区相对能源匮乏的地区而言,采掘业和原料工业所占比重较大,而此类工业的特点是产业链较短,中间产品比例过高,最终产品的附加值较低,从而挤占了一些高新技术产业和高附加值产业的发展。同时,能源禀赋较高的地区能源成本和价格较低,改善能源利用率的动力不足,阻碍了本地的能源效率提升。

## 2. 以财政分权为变量的双重门槛回归模型

对于我国而言,产业结构升级对能源效率的影响是在财政分权背景下展开的,若将财政分权制度考虑进去后,产业结构升级又会对能源效率产生何种影响呢?这也是本文研究的重点。以下是以财政分权为门槛变量的双重门槛回归参数估计结果。

从表6的回归结果可以看出,产业结构升级对能源效率的影响存在基于财政分权下的双重门槛效应。在不同的财政分权水平下,产业结构升级与能源效率之间的关系存在显著差异,这与前文假说2预期一致。在财政分权程度较低的区间 $[0.1358, 0.3045]$ 内,产业结构升级对能源效率的影响系数为 $-0.0063$ ,且通过 $10\%$ 的显著性检验,即较低程度的财政分权致使产业结构升级对能源效率的提升起到了负向阻碍的作用。当财政分权程度在区间 $[0.3045, 0.4563]$ 时,产业结构升级对能源效率的作用系数为 $0.0012$ ,也就是说,随着财政分权程度的进一步深化,产业结构升级对能源效率的提升由阻碍作用转变为促进作用。不过,这种促进作用并不显著,这可能是由于伴随着财政分权趋于适度,而产业结构升级对能源效率的影响却存在时滞,未能在短时间内与财政分权实现最佳匹配所致。当财政分权程度在区间 $[0.4563, 0.8376]$ 时,产业结构升级对能源效率的影响系数为 $-0.0151$ ,且通过 $1\%$ 的显著性检验,这说明当财政分权继续加强时,产业结构升级对能源效率的影响又由促进作用转变为阻碍作用。

基于上述双重门槛回归模型的结果可知,尽管产业结构升级为能源效率的提升提供了可能的路径,但产业结构升级对能源效率的影响效果还与地区财政分权程度存在密切关系<sup>①</sup>。也就是说,只有财政分权在适度的区间内,产业结构升级才能对能源效率提升产生正向促进作用。在不同程度的财政分权下,产业结构升级与能源效率

表6 以财政分权为门槛变量的双重门槛回归结果

变量名称	系数估计值	$t$ 值	$P$ 值
$AGDP$	0.2201	20.9331	0.0000
$AGDP^2$	-0.0087	-6.6050	0.0000
$TECH$	0.1350	10.2739	0.0000
$EB$	-1.5372	-3.8517	0.0001
$CYSJ(0 \leq czfq < 0.3045)$	-0.0063	-1.7937	0.0734
$CYSJ(0.3045 \leq czfq < 0.4563)$	0.0012	0.8147	0.4156
$CYSJ(czfq \geq 0.4563)$	-0.0151	-5.3002	0.0000

的关系存在显著差异性,这是不同的财政分权程度所产生的正负效应合力不同所导致的。当财政分权水平较低时,财政分权在产业结构升级对能源效率的影响中产生的负向阻碍作用大于正向促进作用。由于地方财政分权程度低,政府的财政自主权受到限制,可支配收入相对较少,政府会将有限的资金投入到公共建设等基础项目或高回报高收益的项目,而企业技术创新与开发难以得到支持,产业内部研发资金投入不足,从而影响了产业内部的调整与升级,不利于高新技术产业的发展和能源效率的提升。随着地方财政自主权的扩大,财政分权在产业结构升级对能源效率的关系中所产生的正向促进作用占主导地位。这是因为政府财政权力的适度扩大,使得各项财政支出

<sup>①</sup>相关学者的研究也提到了类似的观点:吴垠<sup>[23]</sup>提到,财政集权与财政分权并非一个非此即彼的问题,是需要通过灵活的制度安排来调控的,存在着最优的财政分权水平;赵德昭 and 许和连<sup>[24]</sup>指出,财政分权对于农村剩余劳动力转移存在正向和负向双重影响,存在实现剩余劳动力转移最大化的最优财政分权指数。



安排、税费优惠政策与倾斜性财政支持政策得到了有效的资金支持,为企业创新行为的发生与产业结构调整升级提供了有利的条件,进而带动了能源效率的提升。当财政分权程度继续扩大时,此时带来的负向阻碍作用要大于正向促进作用。这是因为财政自主权过大意味着政府配置资源能力变强,在某种程度上会削弱市场配置资源的决定性作用,导致产业结构升级方向与能源效率提升方向相背离。尤其是在以GDP为主要绩效指标的考核方式下,政府官员会倾向于发展重化工业等高能耗、短期高回报的产业以追求经济快速增长,从而获得晋升机会,这对产业结构升级的能源效率提升效应会产生不利影响。

(三) 稳健性检验

为了进一步验证以上门槛回归结果的可靠性,本文将财政支出自治率(EA)作为衡量财政分权的门槛变量进行回归。其中,财政支出自治率是地方本级预算支出减去中央转移支付后的余额占地方预算总支出的比例,这一指标是从财政支出的角度衡量地方财政自主权的大小。从表7门槛回归结果中可以看出,以财政支出自治率为门槛变量的回归同样接受了双门槛回归模型,对比表6的计量结果可知,各个变量回归系数与表6相关变量的系数符号保持一致,只是具体数值和显著性有轻微变动。这说明无论是从财政收入角度衡量还是从财政支出角度衡量财政自主权,都能得到相同的结论,即产业结构升级与能源效率的关系受到财政分权程度的影响,过度的财政分权或过度的财政集权都不利于产业结构升级对能源效率提升的促进作用,而适度的财政分权会给产业结构升级与能源效率提升带来正向促进作用。

除此之外,本文还将人均能源生产量(AEB)代替地区能源生产量在全国的占比来表示能源禀赋,进一步验证门槛回归的稳健性,其回归结果如表8所示。对比表6回归结果可以看出,在改变衡量能源禀赋的指标后,各个变量的系数估计值符号未发生任何变化,检验结果再次支持了本文的结论,说明本文的双门槛回归结果具有较强可靠性和稳健性。

四、结论与政策建议

目前,提升能源利用效率、实现经济低碳发展已在政界和学界达成共识。产业结构升级作为能源效率提升不可忽视的重要因素,可以通过经济规模、结构红利以及产业内部技术革新等路径促进能源效率的提升。考虑到财政分权的制度背景影响,在研究产业结构升级与能源效率提升之间的关系时,必须将其纳入这一研究体系中。财政分权是中国经济发展的重要制度特征,产业结构升级和能源效率提升的过程与其有着密切的关系,将财政分权纳入产业结构升级与能源效率提升这一关系中也是题中应有之义。那么,在中国特有的财政分权体制背景下,产业结构升级与能源效率之间是否存在非线性关系?对于不同程度的财政分权,产业结构升级对能源效率的提升作用是否有所差异?本文具体得到的研究结论如下:

表7 以财政支出自治率为门槛变量的稳健性检验结果

变量名称	系数估计值	t 值	P 值
AGDP	0.2214	19.3453	0.0000
AGDP <sup>2</sup>	-0.0094	-6.5472	0.0000
TECH	0.1370	10.1524	0.0000
EB	-1.4390	-3.5639	0.0004
CYSJ(0 ≤ EA < 0.3569)	-0.0020	-0.7879	0.4311
CYSJ(0.3569 ≤ EA < 0.5490)	0.0033	2.1982	0.0284
CYSJ(EA ≥ 0.5490)	-0.0076	-2.4752	0.0136

表8 稳健性检验结果

变量名称	系数估计值	t 值	P 值
AGDP	0.2127	20.7754	0.0000
AGDP <sup>2</sup>	-0.0088	-7.2235	0.0000
TECH	0.1417	17.1540	0.0000
AEB	-0.0341	-2.1835	0.0294
CYSJ(0 ≤ czfq < 0.3045)	-0.0057	-1.7133	0.0872
CYSJ(0.3045 ≤ czfq < 0.4563)	0.0018	0.9511	0.3420
CYSJ(czfq ≥ 0.4563)	-0.0122	-3.9385	0.0001

第一,能源效率的提升一般有两种途径,即在能源消费量不变的情况下增加经济产出或经济产出不变的情况下减少能源消耗。产业结构升级对能源效率的提升主要是通过规模经济、结构红利与产业内部技术革新三种路径发挥作用。产业结构升级伴随着产业规模的扩大和经济效益的提升,其规模经济会带来成本降低和产出增加,进而提升能源效率。同时产业结构升级意味着资源要素在各个产业之间的自由流动性加强,能源要素从低效率部门向高效率部门进行转移形成结构红利,从而保证能源效率的提升。除此之外,产业结构的不断升级可以在产业内部“释放”出更多资本,促进产业技术优化革新,扩大生产可能性边界,等量成本可以带来更多的经济产出,从而降低了能源强度,提升了能源效率。

第二,财政分权对于产业结构升级的能源效率提升效应,主要表现为财政分权带来的正向效应与负向效应的合力。在财政分权体制下,地方政府对财政资金的使用具有较大自主权,有助于各项税收优惠、财政支出安排和倾斜性政策的实施,从而引导产业优化升级,进而提升能源效率。但财政分权体制也会有使地方政府行为与目标要求相偏离的风险,“为增长而竞争”的有偏的考核激励使得地方政府很可能追求资本投资与经济快速增长,倾向发展高耗能、高投资、短期回报高的产业,导致产业发展方向可能与本应升级的方向相背离,阻碍能源效率的提升。由此,财政分权在产业结构升级的能源效率提升中的最终影响效果取决于正面效应与负面效应的合力。

第三,本文以21个制造业细分行业为研究对象,选取我国1997—2015年30个省份的面板数据,以财政分权为门槛变量,通过构建门槛回归模型检验发现,产业结构升级对能源效率的影响存在门槛效应。在财政分权程度较低时,产业结构升级对能源效率提升产生显著的负向阻碍作用;随着财政分权程度进一步加深,产业结构升级对能源效率提升的作用由负向阻碍作用转为正向促进作用;当财政分权继续加强时,产业结构升级对能源效率的影响又变为显著的负向阻碍作用。这说明适度的财政分权才有利于产业结构升级的能源效率提升效应。

通过财政分权下产业结构升级对能源效率影响的研究,主要结论所蕴含的政策含义比较明显,要充分发挥财政分权带来的好处,尽量规避财政分权的负向影响。一方面,适度的财政分权对于产业结构升级的能源效率提升具有重要作用;另一方面,产业结构升级对能源效率的提升也具有直接的促进作用。因此,如何充分利用财政分权的优势,以便在良好的财政分权背景下充分发挥产业结构升级对能源效率的提升作用是极其重要的。基于此,本文提出如下政策建议:

首先,坚持适度分权,把握好中央与地方的财权配置,避免出现财政过于集权或过于分权。从本文研究结果来看,财政分权程度为0.3045~0.4563,属于适度的财政分权,对产业结构升级和能源效率的提升有积极影响。但目前来看,中国存在大部分地区财政分权过度以及小部分地区财政分权不充分的问题,因此,中央政府应在现有的财政体制框架下,继续深化财税体制的改革。在财权与事权相匹配的指导原则下,要合理划分财政事权,优化财政支出与收入结构,进一步明确好中央与地方各自的权责,避免权责划分不明确导致的缺位、越位和错位等问题的出现。逐步建立和完善地方税收体系,强化政府预算约束,通过法律和行政法规的形式进行规范确定,最终通过合理的财政制度安排,形成对政府行为的有效约束,充分发挥产业结构升级的能源效率提升作用。

其次,在财政适度分权的基础上,改进以GDP为主要绩效指标的地方官员考核方式。我国自改革开放以来已形成了GDP为主的政绩考核机制,这种“为增长而竞争”、注重经济绩效忽视环境绩效的考评制度往往容易引起地方官员不顾社会成本与效益,追求短期经济增长,造成资源错配和效率低下。因此,需要适当调整这种“GDP至上”的考核激励机制,逐步降低或减轻GDP在绩效考核中的比例。加快建立起能源高效与经济增长相容的激励体制,树立绿色发展观念,推进绿色制度建设,引导地方政府建设绿色、低碳、高效发展的经济体系,注重对节能产业、清洁能源产业的财政补贴和政策支持,建立科学合理的政绩考评办法,以满足环境与经济协调发展的需求。

再次,要加快推动产业结构转型升级,不断优化资源配置。要把握好产业结构升级的内涵与方向,避免出现衡量产业结构升级的“虚高度化”。产业结构升级并非单纯意味第三产业比重的上升和

第二产业比重的下降,其本质为生产效率的提升与资源配置的优化。因此,要坚持以绿色化为导向的产业结构转型升级,注重高技术产业和高附加值产业的发展,逐步降低高能耗高污染产业的比重,以推动循环经济、发展绿色制造业和打造延长绿色生产链为关键,提高科技创新投入比例,促进生产要素的自由高效流动,加快产业结构向低碳高效转型。与此同时,需要建立经济发展结构与能源效率双向优化的综合指标,以确定地区产业结构升级的方向,将产业结构升级作为中间目标与调控方向,颁布和实施相应的宏观产业政策,依靠对产业结构升级这一中间目标的调控,最终间接实现经济结构发展与能源效率同步优化的双重目标。

最后,推进产业技术进步,加快能源结构调整。技术进步对能源效率的提升可起到显著促进作用,因此,要大力支持企业通过自主创新或模仿创新提高生产技术,增强企业科技创新与自主研发的能力。要加大社会科研资金的投入和科技创新补贴,提高企业科技研发的积极性,促使科研成果落地,加快产业技术的更新换代,利用科技创新提高能源效率。对于能源禀赋较高的地区,区位优势使得其能源成本较低,导致政府对能源效率提升的重视不足,因此要重视能源效率考核,注重高技术产业和高附加值产业的发展,考虑采掘业和原材料等相关产业链的延长。加快能源结构调整,减少对化石能源的依赖,鼓励发展绿色能源产业,提高太阳能、风能、核能等非化石能源的消费占比。

#### 参考文献:

- [1] 齐志新, 陈文颖, 吴宗鑫. 工业轻重结构变化对能源消费的影响[J]. 中国工业经济, 2007(2): 35-42.
- [2] 魏楚, 沈满洪. 能源效率及其影响因素: 基于 DEA 的实证分析[J]. 管理世界, 2007(8): 66-76.
- [3] 肖挺, 刘华. 产业结构调整与节能减排问题的实证研究[J]. 经济学家, 2014(9): 58-68.
- [4] CUI M H. Research on the inter-relationship of energy intensity and structure upgrading in China[C]. 2nd Asian Pacific conference on energy, environment and sustainable development (APEESD), 2015.
- [5] 唐晓华, 刘相锋. 能源强度与中国制造业产业结构优化实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2016(10): 78-85.
- [6] 韩智勇, 魏一鸣, 范英. 中国能源强度与经济结构变化特征研究[J]. 数理统计与管理, 2004(1): 1-6+52.
- [7] 吴巧生, 成金华. 中国能源消耗强度变动及因素分解: 1980—2004[J]. 经济理论与经济管理, 2006(10): 34-40.
- [8] 王玉潜. 能源消耗强度变动的因素分析方法及其应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2003(8): 151-154.
- [9] 林伯强, 杜克锐. 理解中国能源强度的变化: 一个综合的分解框架[J]. 世界经济, 2014(4): 69-87.
- [10] DENISON E F. Why growth rates differ: postwar experience in nine western countries [M]. Washington: Brookings institution publishing, 1967.
- [11] MADDISON A. Growth and slowdown in advanced capitalist economies: techniques of quantitative assessment [J]. Journal of economic literature, 1987(2): 649-698.
- [12] 胡小梅. 财税政策对产业结构升级的影响机制与效应研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2016: 46-55.
- [13] 师博, 张良悦. 我国区域能源效率收敛性分析[J]. 当代财经, 2008(2): 17-21.
- [14] 潘雄锋, 彭晓雪, 李斌. 市场扭曲、技术进步与能源效率: 基于省际异质性的政策选择[J]. 世界经济, 2017(1): 91-115.
- [15] HANSEN B. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing and inference [J]. Journal of economics, 1999, 93(2): 345-368.
- [16] 张少华, 蒋伟杰. 能源效率测度方法: 演变、争议与未来[J]. 数量经济技术经济研究, 2016(7): 3-24.
- [17] 刘伟, 蔡志洲. 我国产业结构变动趋势及对经济增长的影响[J]. 经济纵横, 2008(12): 64-70.
- [18] 国家发改委宏观经济研究院课题组. “十二五”时期我国产业结构调整战略与对策研究[J]. 经济研究参考, 2010(43): 28-61.
- [19] 周昌林, 魏建良. 产业结构水平测度模型与实证分析——以上海、深圳、宁波为例[J]. 上海经济研究, 2007(6): 15-21.
- [20] 龚锋, 雷欣. 中国式财政分权的数量测度[J]. 统计研究, 2010(10): 47-55.

- [21] 孙庆刚, 郭菊娥, 师博. 中国省域间能源强度空间溢出效应分析[J]. 中国人口·资源与环境 2013(11): 137-143.
- [22] 杨万平, 袁晓玲. 环境库兹涅茨曲线假说在中国的经验研究[J]. 长江流域资源与环境 2009(8): 704-710.
- [23] 吴垠. 明晰财政产权与适度财政分权——兼谈中国财政分权的后续改革问题[J]. 社会科学战线 2008(11): 79-87.
- [24] 赵德昭, 许和连. 外商直接投资、适度财政分权与农村剩余劳动力转移——基于经济因素和体制变革的双重合力视角[J]. 金融研究 2013(5): 194-206.

(责任编辑: 杨青龙; 英文校对: 葛秋颖)

## Is Upgrading of Industrial Structure Conducive to Improving Energy Efficiency? Threshold Regression Model Test Based on Fiscal Decentralization

JI Yujun<sup>1 2</sup>, DAI Jieqing<sup>1</sup>

(1. School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;  
2. Key Research Base for Humanities and Social Science of Ministry of Education, Institute  
of Marine Development, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** As an important factor of production, energy greatly improves the efficiency of production and is the material basis for the sustainable development of China's economy and society. The upgrading of industrial structure plays an important role in the improvement of energy efficiency. Fiscal decentralization is a significant institutional background of China's economic development. The process of upgrading industrial structure and improving energy efficiency has a close relationship with it. Based on the panel data of China's 30 provinces from 1997 to 2015, this paper used fiscal decentralization as a threshold variable through building a threshold regression model. It has found that there is a threshold effect on the impact of industrial structure upgrading on energy efficiency. When the degree of fiscal decentralization is low, the upgrading of industrial structure has a significant negative hindrance to the improvement of energy efficiency. As the degree of fiscal decentralization deepens, the impact of upgrading industrial structure on energy efficiency turns from a negative inhibitory role to a positive one. When fiscal decentralization continue deepening, the impact of upgrading industrial structure on energy efficiency has become a significant negative impediment. This shows that moderate fiscal decentralization can help improve the energy efficiency of upgrading industrial structure. According to the results of empirical analysis, the principle of moderate decentralization may be adopted, the government incentive and performance appraisal system be reformed, the green-oriented industrial restructuring and upgrading be adhered to, industrial technological progress be promoted, and the adjustment of energy structure be accelerated.

**Key words:** industrial structure upgrading; energy efficiency; fiscal decentralization; threshold return