

京津冀地区能源回弹效应测算及演化趋势分析

刘宇腾¹, 王建伟¹, 高洁², 高超¹

(1. 长安大学经济与管理学院, 陕西 西安 710064;

2. 长安大学信息工程学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 利用柯布-道格拉斯 (C-D) 生产函数建立回弹效应测量模型, 计算了 2005~2016 年北京、天津、河北及全国的回弹效应。基于回弹效应测算结果进一步运用回归分析的方法, 重点分析了上述地区能源回弹效应与其变化率之间的关系, 旨在揭示能源回弹效应的时空演化规律, 为区域节能减排政策提供理论参考。研究表明: 除个别年份外, 京津冀及全国的回弹效应数值整体介于-50%~50%之间。京津冀地区回弹效应较高的主要集中在 2010 年左右。天津、河北及全国均呈现出低回弹高变化率的特征, 而北京地区则呈现出截然相反的规律。

关键词: 能源回弹效应; 演化趋势; C-D 生产函数; 技术进步贡献率; 回归分析

中图分类号: X24

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.05.009

Calculation and Evolution Analysis of Energy Rebound Effect in Beijing-Tianjin-Hebei Region

LIU Yuteng¹, WANG Jianwei¹, GAO Jie², GAO Chao¹

(1. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: This paper used the Cobb-Douglas (C-D) production function to establish the rebound effect measurement model, thus calculating the rebound effect of Beijing, Tianjin, Hebei and the whole country from 2005 to 2016. Based on the calculation results, the relationship between the energy rebound effect and its variation rate in the above regions was further analyzed by the regression analysis method, in order to reveal the spatio-temporal evolution law of the energy rebound effect and provide a theoretical reference for the regional energy conservation and emission reduction policies. The results showed that the rebound effect of the Beijing-Tianjin-Hebei region and the whole country was between -50% and 50%, except a few years. The years with a high rebound effect in the Beijing-Tianjin-Hebei region were mainly around 2010. Tianjin, Hebei and the whole country showed the characteristics of a low rebound and a high change rate, while Beijing showed the opposite trend.

Keywords: Energy Rebound Effect; Evolution Trend; C-D Production Function; Contribution Rate of Technological Progress; Regression Analysis

CLC number: X24

温室气体的过度排放是各个国家和地区可持续发展道路上的主要阻碍。近 30 a 来, 伴随着经济的飞速发展, 中国能源消费量增长迅速, 尤其是煤炭的大规模开发和利用, 给环境带来了巨大的压力。只有充分了解中国各省区能源回弹效应的演变规律, 才能为地区节能减排政策的有效性、经济性进行科学的评价, 因此有必要对能源回弹效应的时空演变规律进行深入研究。

京津冀地处中国首都经济圈, 地理位置优越、

经济发达。2018 a 河北省第三产业的比重首次超过工业和制造业, 京津冀地区的发展模式已经步入新的阶段, 随着服务业所占比重持续增长, 地区产业结构将迎来新一轮的转型和升级。如何消除区域内产业结构的“层极差”是决定地区能否协同发展的关键问题之一。鉴于京津冀地区特殊的地理位置和产业结构, 本文选取该区域为研究对象, 分析北京、天津和河北地区能源回弹效应时空演变规律的差异性, 为地区节能减排政策的制定提

收稿日期: 2019-08-14

作者简介: 刘宇腾(1994-), 男, 硕士研究生。研究方向: 低碳经济。E-mail: 540950302@qq.com

引用格式: 刘宇腾, 王建伟, 高洁, 等. 京津冀地区能源回弹效应测算及演化趋势分析[J]. 环境保护科学, 2020, 46(5): 47-52.

供理论参考。

本文利用柯布-道格拉斯(C-D)生产函数,基于能源回弹效应的基本定义,计算了国家整体和京津冀地区的能源回弹效应,着眼于上述地区能源回弹效应与其自身变化率之间的关系,旨在揭示回弹效应的时空演化规律,为区域节能减排政策提出科学的理论参考。

1 文献综述

回弹效应现象首先是由杰文斯(JEVONS)^[1]于 1865 a 在他的著作《煤炭问题》中提出的。其核心内容是:技术进步和提高能源效率是发展绿色经济的主要手段,然而,能源使用效率的提高会导致单位能源服务成本下降。参考《消费者行为学》中的相关理论:实际能源消耗成本的下降将刺激消费者的需求。因此,通过提高能源使用效率所产生的预期节能无法全部实现,它将会被因成本下降而提升的消费行为部分甚至完全抵消。SAUNDERS^[2]根据新古典经济增长理论中的 C-D 和 CES(恒定弹性替代)生产函数验证了“当能源容易替代其他生产要素时,回弹效应会提高”这一结论。GREENING et al^[3]将能源回弹效应的内部形成机制分为 4 大类:直接影响、二次影响、市场出清效应和转换效应。随后国内外学者逐渐开始从定量分析的角度研究能源回弹效应。目前国内外学者主要借助以下 4 种方法和模型^[4-7]对能源回弹效应进行定量计算:①增长理论模型;②时间序列等计量经济学模型;③可计算一般均衡模型;④混合宏观经济模型。近年来,国内学者纷纷将研究视角转向微观层面,测算分析不同行业所带来的能源回弹效应^[8-12],制造业、建筑业和交通运输业成为关注的焦点。

综上所述,目前大多数关于能源回弹效应的研究仍处于测算阶段,缺乏对于回弹效应时空演化趋势的分析。除此之外,若是仅对我国整体的能源回弹效应进行测算并对其演化趋势进行研究,容易忽略局部特征。鉴于京津冀地处我国首都经济圈,经济总量居全国前列,且北京、天津和河北三地的能源消耗结构有所差异。本文采用 C-D 法对我国总体和京津冀地区各省市的能源回弹效应进行测算,对比分析上述研究区域的演化趋势,在把握整体特征的同时进一步研究京津冀地区回弹效应的规律和差异。

2 理论模型与方法

2.1 模型定义

技术进步是一把“双刃剑”,它会增加经济产出,同时加重环境污染。技术进步可以显著提高能源使用效率,从而减少生产环节中的总能耗,降低能源使用的单位成本;但是,由于技术进步的初衷并非是减少污染物的排放总量,因此不管是企业还是个人都会选择提升产量,这将不可避免地增加污染物排放,增加值将会部分甚至完全抵消先前减少的部分,形成能源回弹现象。根据定义:回弹效应为回弹量与理论节能量之比。

2.2 能源回弹效应测算模型的构建过程

假设 Y 为实际总产出(亿元); E 为能源消费总量(万吨标准煤); EI 是能源消费强度, $EI=E/Y$ (万吨标准煤/亿元); σ 是技术进步对经济增长的贡献率,即技术进步贡献率(%); RE 表示能源回弹效应(%)。

则 t 年的能源消费量见式(1)。

$$E_t = Y_t \times EI_t \quad (1)$$

行业在 $t+1$ 时期,由于技术进步,使得能源强度下降,凭借技术革新,能源使用强度会有所降低,进而减少的能源使用量见式(2)。

$$\Delta E = Y_{t+1} \times (EI_t - EI_{t+1}) \quad (2)$$

但是,根据前文所提及的回弹效应实际形成机制,技术进步将导致经济增长,同时降低能源使用强度。因此 $t+1$ 期的技术进步带来的经济扩张,以及由此产生的新能源需求见式(3)。

$$\sigma_{t+1} \times (Y_{t+1} - Y_t) \times EI_{t+1} \quad (3)$$

因此, $t+1$ 年回弹效应见式(4)。

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

为求 RE_{t+1} 的值,需要估计 σ 。设总量生产函数见式(5)。

$$Y_t = A e^{\lambda t} K_t^\alpha L_t^\beta E_t^\gamma \quad (5)$$

式(5)中, Y_t 、 K_t 、 L_t 和 E_t 分别代表第 t 年每个地区的产出、资本、劳动力和能源; α 、 β 、 γ 分别代表资本、劳动和能源的产出弹性。

对式(5)两边取对数得到式(6)。

$$\ln Y_t = \ln A + \lambda t + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t + \gamma \ln E_t \quad (6)$$

对式(6)求全微分得式(7~8)。

$$\frac{dY_t}{Y_t} = \frac{dA}{A} + \lambda + \alpha \frac{dK_t}{K_t} + \beta \frac{dL_t}{L_t} + \gamma \frac{dE_t}{E_t} \quad (7)$$

$$\sigma = \frac{G_Y - \alpha G_K - \beta G_L - \gamma G_E}{G_Y} \quad (8)$$

2.3 指标选取与数据说明

利用 2004 ~ 2016 a 京津冀和全国地区的面板数据进行研究和分析。原始数据来自《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、各省市统计年鉴、国家环保部和国家统计局。研究所选取的数据如下：

1) 资本存量 K : 本文参考单豪杰^[13]建立的资本存量计算方法, 采用永续盘存法计算 2004 年至 2016 年北京、天津、河北以及全国的固定资本存量, 并换算成为以 1978 年为基期的可比价格指数。资本存量 K 的计算见式(9)。

$$K_t = K_{t-1}(1 - \delta_t) + I_t \quad (9)$$

式(9)中, K 为资本存量, δ 为经济折旧率, I 为投资额。

2) 劳动力 L : 由于劳动力资本与教育水平有着必然的关系, 单纯用劳动力的数量来衡量劳动力资本显然是不合理的, 本文选择研究区域高等教育人数占比情况作为衡量人力资源的指标。

3) 能源消耗 E : 中国各省的总能耗作为能源投入变量, 总能耗是将各类能源通过系数转换为标准煤后的总值。

4) 总产出 Y : 本文选择可比价格的 GDP 作为衡量总产出的指标。

3 实证分析

3.1 京津冀地区能源回弹效应的总体描述

通过上述模型和方法测算了我国 2005 ~ 2016 a 全国、北京、河北和天津地区的能源回弹效应。初步测算结果见表 1。其中个别年份回弹效应数值偏大, 结果异常。

参考文献 [14] 发现, 采用 C-D 法测算能源回弹效应会出现个别年份数值过大的现象, 与本文的测算结果类似, 由于下文需要讨论地区回弹效应变化率与其回弹效应原始数值之间的关系并进行方程拟合, 因此必须对异常数据进行修正。本文采用 DEA 数据包络分析法, 基于投入产出模型, 重新测算异常数值所对应的地区当年的技术进步贡献率, 进而计算出新的能源回弹效应。最终求得基于 C-

D 法和 DEA 法测算出的回弹效应的平均值作为修正后的数据, 修正后的最终结果见表 2。

表 1 回弹效应测算结果^① (修正前)

t/a	北京市	天津市	河北省	全国
2005	2.81	60.72	19.87	86.42
2006	4.14	29.26	47.60	68.24
2007	18.44	-73.68	48.39	-39.56
2008	-7.41	22.66	20.28	15.96
2009	4.39	-45.29	188.29*	-25.93
2010	-16.64	154.36*	85.38	258.41*
2011	10.71	146.92*	31.47	269.82*
2012	-94.70	6.34	-6.82	-14.45
2013	16.16	-61.93	-14.92	1.79
2014	-28.11	-21.84	-3.06	-9.27
2015	2.28	-19.39	-61.33	19.32
2016	16.29	55.78	45.22	-4.96

注: ①能源回弹效应数值为负的意义是当年因能源效率没有提高或因无技术进步而未形成回弹效应。*所标识的数值异常偏大, 需对其进行修正。

表 2 回弹效应测算结果 (修正后)

t/a	北京市	天津市	河北省	全国
2005	2.81	60.72	19.87	86.42
2006	4.14	29.26	47.60	68.24
2007	18.44	-73.68	48.39	-39.56
2008	-7.41	22.66	20.28	15.96
2009	4.39	-45.29	108.60	-25.93
2010	-16.64	83.55	85.38	136.60
2011	10.71	79.13	31.47	142.79
2012	-94.70	6.34	-6.82	-14.45
2013	16.16	-61.93	-14.92	1.79
2014	-28.11	-21.84	-3.06	-9.27
2015	2.28	-19.39	-61.33	19.32
2016	16.29	55.78	45.22	-4.96

2005 ~ 2016 a 全国、北京市、天津市和河北省回弹效应的变化情况, 见图 1。

图 1 可见, 京津冀地区能源回弹效应的整体数值大约为 17.79%, 低于全国 31.41% 的整体水平。北京、天津和河北地区的能源回弹变化趋势相对稳定。其中, 北京地区能源回弹效应的波动幅度最小, 其标准差为 0.142, 低于天津 0.44、河北 0.43 和

全国 0.60。通过折线图可以发现京津冀地区能源回弹效应数值较高的年份集中在 2010 a 前后,较全国总体的能源回弹效应变化趋势有所滞后(全国总能源回弹效应于 2009 a 时达到阶段性峰值);2012 a 时,京津冀地区及全国总体的能源回弹效应数值均降到较低水平,其中北京地区的降幅最大。

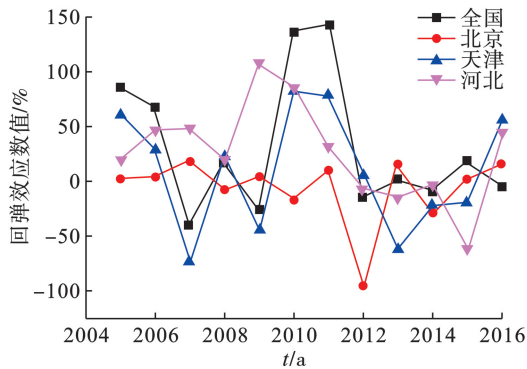


图 1 2005 ~ 2016 a 各区域能源回弹效应

3.2 能源回弹效应的回归分析

为进一步定量分析京津冀地区各省市能源回弹效应的演化趋势,对 2005 ~ 2016 a 京津冀地区各省市的回弹效应与其变化率的截面数据进行回归分析,并将结果与全国数据进行对比,分析各研究区域能源回弹效应演变趋势的相似点和差异性。

3.2.1 全国总体能源回弹效应演化趋势分析 对全国能源回弹效应与变化率的截面数据进行二次拟合,拟合方程为: $y = 3.23x^2 - 6.86x + 3.92$, 拟合优度 $R^2 = 0.74$, 拟合结果良好。具体结果见图 2。

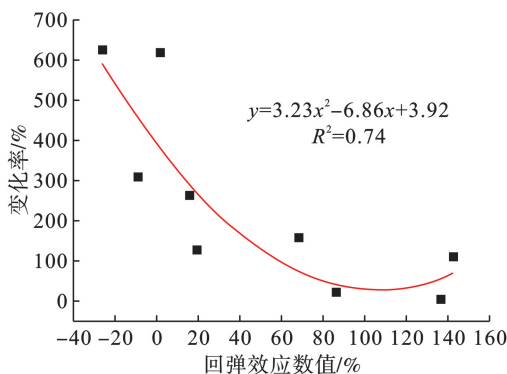


图 2 拟合结果 (全国)

图 2 可见,全国总体的回弹效应变化率与二次能源回弹效应呈正相关,与一次能源回弹效应呈负相关,拟合函数拐点处的阈值大小是未来可以进一步深入探讨的内容。最终可以得出结论:回弹效应数值越低的年份,其能源回弹效应的变化率越大。结合图 1 及回弹效应标准差结果能够发现,全国整体能源回弹效应变化幅度较大,其中 2006 年、

2010 年和 2011 年数值的剧烈波动现象尤为明显,随后回弹效应数值急剧下降,并趋于稳定。

3.2.2 京津冀地区能源回弹效应演化趋势分析

京津冀地处我国首都经济圈,包括北京市、天津市和河北省的一些城市。其中北京市、天津市、保定市和廊坊市是核心功能区。近年来,京津冀协同发展国家战略正稳步推进,京津冀地区的经济发展模式、生态环境治理和产业结构升级均取得了显著成效。为了调整首都地区的产业结构,带动首都经济圈其余地区的经济发展,北京市、天津市已向河北省转移部分密集型工业,产业转移对不同地区的影响不尽相同,因此不同地区的能源消费情况也存在差异。虽然京津冀地区的产业结构、能源消耗结构存在个体上的区别,但提高能源使用效率、减少资源消耗量以及减少污染物排放的政策指引是相同的。本节在测算出北京市、天津市和河北省近 10 年能源回弹效应的基础上,进一步分析各地区回弹效应的变化情况,分析三者之间的异同,为地区性能源结构调整和环境治理提出理论参考。本节研究了北京市、天津市和河北省的能源回弹效应与其自身变化率之间的关系,通过对每个区域的横截面数据进行一元回归分析,得出不同区域的回归方程,结果如下:

1) 北京市能源回弹效应。北京市能源回弹效应与其变化率的拟合方程为: $y = 10.66x^2 + 12.91x + 3.78$, 拟合优度 $R^2 = 0.55$ 。具体结果见图 3。

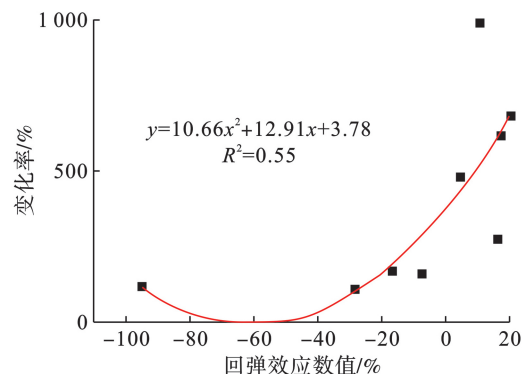


图 3 拟合结果 (北京市)

图 3 可见,北京市能源回弹效应的变化率与能源回弹效应呈现正相关,与全国整体情况截然相反。因此可以得出结论:北京地区回弹效应数值越高的年份,其能源回弹效应的变化率越大;回弹效应数值越低的年份,其能源回弹效应的变化率越小。值得关注的是,北京市能源回弹效应的变化未

出现收敛现象,即:高回弹效应的年份和低回弹效应的年份所对应的变化率并没有出现聚拢性特征。结合图1能够发现,北京市能源回弹效应整体稳定,变化幅度较小,整体数值介于-30%~30%之间。

2)天津市能源回弹效应。天津市能源回弹效应的变化率与能源回弹效应的拟合方程为:

$y = -1.03x^2 - 2.06x + 2.57$, 拟合优度 $R^2 = 0.78$, 拟合结果良好,具体结果见图4。

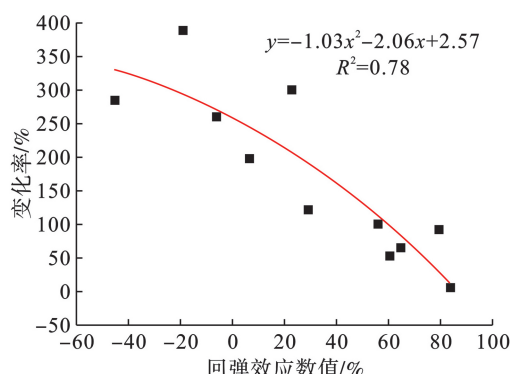


图4 拟合结果(天津市)

图4可见,结果显示二者呈现负相关,与全国整体情况相似。因此可以得出结论:天津市回弹效应数值越高的年份,其能源回弹效应的变化率越小。除此之外,系数为负还可以推断出天津市各年的能源回弹效应已经逐渐收敛于自身的稳态水平,各年份的能源回弹效应正逐渐趋同。结合图1能够发现,天津市能源回弹效应波动幅度较大。在2010~2011 a时处于较高水平,但变化幅度较小,回弹效应相对稳定,这与全国整体的能源回弹效应演变规律相似。而2011 a后,天津市能源回弹效应处于较低水平,甚至出现了超节能现象。

3)河北省能源回弹效应。河北省的拟合方程为: $y = 0.30x^2 - 0.998x + 1.01$, 拟合优度 $R^2 = 0.62$, 具体结果见图5。

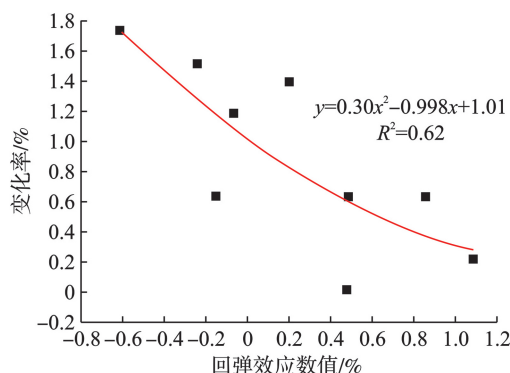


图5 拟合结果(河北省)

图5可见,河北省能源回弹效应的变化率与能源回弹效应呈现负相关且回归系数的绝对值较小。因此可以得出结论:河北省回弹效应数值越高的年份,其能源回弹效应的变化率越小,但与全国和天津市相比,河北省能源回弹效应的数值对回弹变化率的影响并不大。除此之外,系数为负还可以推断出河北省各年的能源回弹效应已经逐渐收敛于自身的稳态水平,各年份的能源回弹效应正逐渐趋同。结合图1能够发现,河北省能源回弹效应在2008、2009和2010 a时波动幅度较大,其中在2009和2010 a时达到一个较高的水平,随后逐渐下降,并于2015 a时降至最低值。2005~2008 a和2012~2014 a2个时间段,河北省的能源回弹效应基本稳定。

4 结论与建议

本文运用C-D生产函数,基于2004~2016 a北京市、天津市、河北省和全国的面板数据,通过构建回弹效应测算模型计算了上述地区的能源回弹效应,并研究了回弹效应与其变化率之间的关系。研究结论如下。

1)除个别年份外,京津冀及全国整体的回弹效应数值介于-50%~50%之间,结果与国内外相关研究类似,表明现阶段我国整体存在一定程度的能源回弹现象,高于西方发达国家平均水平,且回弹效应随时间的波动幅度较大。研究结果证实了我国目前的经济发展模式仍存在问题,不可持续的粗放型经济增长模式虽然有所改变,但依旧存在并且占据较大的比例,未来我国仍需贯彻经济体制改革的核心思想,深入贯彻和落实降本增效的主导方针,通过提高生产要素的质量和使用效率来提升产出水平,在保证我国经济绿色、健康发展的同时降低总能耗;现阶段,产业结构的优化升级也是我国需要关注的重点,推动我国产业结构向合理化和高级化两个方向发展,协调各产业之间的关系,提出区域性产业发展的短期战略,逐步消除高污染、高能耗的产业集群,走可持续发展的道路。同时,产业发展模式应努力实现规模效应和集聚效应,尽量做到产能的循环利用并借助科学技术推动生产力的发展。

2)京津冀地区回弹效应较高的年份主要集中在2010 a左右。北京市的能源回弹效应数值较小

且相对稳定,这与其产业结构和经济发展模式密不可分。北京地区经济发达,产业结构合理,高精尖产业发展势头强劲,单位 GDP 能耗较低,绿色经济发展模式基本成熟。因此,北京市的能源回弹效应较低,并且已经处于相对稳定的状态。河北是中国装备制造业的大省,工业和制造业是该地区的主导产业,工业密集势必带来更高的能源消耗。因此,河北省能源回弹效应较高且波动较大。天津市的制造业及工业化水平较高,同时受地理位置影响,天津市的物流业也较为发达,由于交通运输业对能源的需求量很大,因此天津市的经济活动对能源有着很强的依赖性。在这种背景下,天津市的能源回弹效应也处于较高水平。此外,还可以发现不同地区关于能源回弹与其变化率之间的显著差异:天津市、河北省及全国均呈现出低回弹高变化率的特征,而北京市则呈现出截然相反的规律,即高回弹高变化率的特点。

3)就北京市而言,通过相关环境规制手段将地区能源回弹效应维持在一个较低的水平是控制该地区能源回弹效应的有效途径。但对于天津市和河北省而言,简单的政府管制措施无法从源头上解决区域能源回弹效应所带来的问题,为了在科学合理的时间周期内控制区域的能源回弹效应,同时降低回弹效应的波动幅度,河北省和天津市需要对其现有的产业结构和能源消费结构进行优化升级。

参考文献

- [1] JEVONS W S. The coal question[M]. 2nd ed. London: Macmillan and Company, 1865.
- [2] SAUNDERS H D. The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth[J]. The Energy Journal, 1992, 13(4): 131 – 148.
- [3] GREENING L A, GREENE D L, DIFIGLIO C, et al. Energy efficiency and consumption: the rebound effect: a survey[J]. Energy Policy, 2000, 28(6): 389 – 401.
- [4] DIMITROPOULOS J. Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge[J]. Energy Policy, 2007, 35(12): 6354 – 6363.
- [5] GARDNER T A, JOUTZ F L. Economic growth, energy prices and technological innovation[J]. Southern Economic Journal, 1996, 62(3): 653.
- [6] VIKSTROM P. Energy efficiency and energy demand: a historical CGE investigation on the rebound effect in the Swedish economy 1957[M]. Ekonomisk Historia, 2008.
- [7] WASHIDA T. Economy-wide model of rebound effect for environmental efficiency[C]//International Workshop on Sustainable Consumption. University of Leeds, 2004: 292 – 302.
- [8] 黄晗. 中国交通运输业能源回弹效应研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(1): 27 – 31.
- [9] 吕荣胜, 聂钢. 中国工业能源回弹效应研究——基于技术进步视角[J]. 武汉理工大学学报(社会科学版), 2013, 26(5): 695 – 700.
- [10] 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.
- [11] LIN B, LIU H. A study on the energy rebound effect of China's residential building energy efficiency[J]. Energy and Buildings, 2015, 86: 608 – 618.
- [12] LU Y, LIU Y, ZHOU M, et al. Rebound effect of improved energy efficiency for different energy types: A general equilibrium analysis for China[J]. Energy Economics, 2017, 62: 248 – 256.
- [13] 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, 25(10): 17 – 31.
- [14] 韩颖, 刘庆, 白宝鑫, 等. 辽宁省能源回弹效应测算分析[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2016, 37(7): 1061 – 1064.