

能源回弹效应的理论演进与经验证据： 一个文献述评

杨莉莉^{1,2}, 邵 帅²

(1. 上海金融学院 国际经贸学院、国购·自贸区金融研究院, 上海 201209;

2. 上海财经大学 财经研究所、城市与区域科学学院, 上海 200433)

摘 要:文章基于能源回弹效应相关研究文献的发展脉络与逻辑关系,从能源回弹效应的提出与界定、理论机制、经验证据和限制政策四个层面,对国内外有关能源回弹效应的理论演进与经验证据的研究成果进行了系统的梳理与总结。研究发现:(1)从研究框架看,新古典增长理论与新古典微观经济学理论这两类研究,在各自所拓展的研究方向上正殊途同归于对宏观经济层面回弹效应的探究;(2)现有研究尤其是理论研究的主要局限是,未能对能源效率的内生化处理予以足够的重视,这在很大程度上限制了其对理论和现实的解释力;(3)对回弹效应的有效限制必须通过多管齐下的政策组合措施才有可能实现。

关键词:回弹效应;能源效率;逆反效应;限制政策

中图分类号:F416.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2015)08-0019-20

一、引 言

通常认为,能源效率的提高将有助于节约更多的能源,从而使能源消费总量降低,因此,能源效率一度被视为除煤炭、石油、天然气和核能之外的“第五大能源”。然而,这一节能降耗思路目前已经受到了一些挑战。已有经验研究表明,提高能源效率和节能目标之间可能是不一致的,政府通过提高能源效率而进行节能的政策效果往往要小于预期效果。能源效率提高所节约的能源,可能会通过替代效应、收入效应和产出效应等机制所产生的新的能源需求而被部分甚至完全抵消(Greening 等, 2000),即产生所谓的“回弹效应”(rebound effect)。能源回弹效应问题进入当代经济及管理视野的历史并不算长,但它目前已经发展成为能源经济学中的一个重要命题。回弹效应的提出为研究技术进步、能源效率与能源消费之间的关系提供了一种全新的视角,它促使人们重新审视依靠技术进步改善能源效率进而降低能源消费的政策思路。回弹效应的理论机制、测算方法和限制途径等相关研究内容也逐渐成为国外学者和政府部门关注的热点。

虽然国外相关研究比较丰富,但回弹效应研究在国内还属于一个较新的领域。如何以最小的能耗来实现经济增长与产业结构升级,在促进经济增长的同时通过努力降低能耗,有效防范能源短缺可能带来的风险,实现经济、能源与环境的协调发展,已经成为我国经济发展中一个亟待解决的课题。而能源回弹效应理论则无疑为研究和解决这一问题提供了新的

收稿日期:2015-03-20

基金项目:国家自然科学基金项目(71373153, 71003068);教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-13-0890);上海市曙光计划项目(14SG32);上海市哲学社会科学“十二五”规划课题(2014BJB001)

作者简介:杨莉莉(1980—),女,黑龙江哈尔滨人,经济学博士,上海金融学院国际经贸学院讲师;邵 帅(1981—)(通讯作者),男,黑龙江七台河人,管理学博士,上海财经大学财经研究所、城市与区域科学学院副研究员。

思路。由于回弹效应的大小在很大程度上决定了提高能源效率对降低能源消费的有效程度,所以在制定能源政策时如果能充分考虑回弹效应,就可以更加准确地衡量和评估可能取得的节能效果(邵帅等,2013)。因此,在节能减排形势日益严峻的背景下,迫切需要学界充分借鉴国际经验和相关研究成果,并结合我国国情,对能源回弹效应展开系统而深入的研究,从而为能源政策合理制定与有效实施提供必要的理论依据和现实指导。有鉴于此,本文从能源回弹效应的提出与含义界定、理论机制、经验证据、限制政策等几大方面,对国内外相关研究成果进行归纳、总结和分析,旨在提供一份清晰的研究演进与发展全景图,以期为国内学者开展相关研究和政府制定能源政策提供一些必要的借鉴和参考。

二、能源回弹效应的提出

回弹效应的思想最早可以追溯至 1865 年, Jevons 在其著作《煤炭问题》中指出,能源效率的提高,往往伴随更广泛的技术进步,而技术进步则会促进整个社会的变革和经济的快速增长,进而导致能源需求快速增加。此外,能源效率的提高也会引起能源使用成本的降低,两者的共同作用将引致能源消费的增加。这一论断被称为“杰文斯悖论”(Jevons paradox)。可以说,杰文斯悖论作为回弹效应最原始的思想,为能源回弹效应的提出奠定了很好的逻辑基础。虽然杰文斯悖论的提出引发了学者对能效政策有效性的质疑,但直到 20 世纪 90 年代后才逐渐引起学界的广泛关注与讨论。尤其是近十年,能源回弹效应问题已经成为国外能源经济学界的一个研究热点。

在现代经济学文献中,最早关注回弹效应现象的是 Brookes 和 Khazzoom。Brookes (1979 和 1990)认为能源效率的改进能够阻滞全球温室气体排放的观点是站不住脚的。技术进步虽然有利于单个能源产品或能源服务效率的提高,但对整个经济的能源效率而言,技术进步的作用未必始终能够促进能耗的降低,技术进步带来的收益会引起经济体中个体的行为反应,使得技术进步产生的潜在节能效果并不能全部兑现,相反可能会使能源需求进一步增加。Khazzoom(1980)也指出能源效率的提高未必会引起能源需求的下降,相反可能会导致能源服务的增加。他的解释是,能源效率的提高通常会降低能源边际成本,而成本的降低无疑会使能源服务的需求增加,只要能源服务的需求对其成本具有足够的弹性,那么能源消费的实际减少与单位能源服务所消耗能源的减少就不是同比例变化的。

Brookes 和 Khazzoom 的研究殊途同归地发现并提出了这样一个假说:由于能源效率提高而释放的资金将会毫不延迟地用于经济的进一步增长,因而会大大加快资源的耗竭速度。Saunders(1992)将上述假说称为 *Khazzoom-Brookes (KB)* 假说,并首次在新古典增长理论框架下利用 *CD* 和 *CES* 生产函数,从宏观经济角度证实了该假说成立的可能性。他认为 *KB* 假说符合新古典经济增长理论,当收入和其他商品价格不变时,能源服务的价格取决于能源要素价格和能源利用效率,而宏观经济层面的回弹效应十分重要,能源效率的提高所产生的回弹效应可能会完全抵消所节省的能源消费量。Saunders 的研究使回弹效应问题引起了学界更多的关注。自 *KB* 假说被提出以来,经过 20 多年的发展,国外对回弹效应的研究成果已经非常丰富,相关研究大体上可分为回弹效应的含义界定、理论机制、经验证据和限制政策四大方面,下文分别对其进行评述。

三、能源回弹效应的含义界定

自 Brookes(1979)开始,虽然学界对能源回弹效应的研究已经开展了 30 多年,但对回

弹效应的含义界定尚未形成共识。在 KB 假说被提出后,陆续有学者对此进行了探讨,但普遍是对 KB 假说的延伸。其中 Berkhout 等(2000)专门对回弹效应的定义进行了较为系统的研究,将回弹效应解释为:如果技术进步使生产设备获得更高的能源效率,那么在其他条件不变的情况下,使用相同数量生产设备生产相同数量的产品就需要更少的能源;更高的能源效率会降低生产设备的单位生产成本,而价格的下降通常会引起消费的增加,而这些来自于生产设备的额外需求就意味着更多的能源消费。其中预期节能量减少的这部分即被定义为回弹效应。他们对回弹效应的定义和阐释不仅适用于单个商品的情形,也适用于存在多个商品的条件,这对后续研究具有重要的影响和参考价值。虽然后续研究者从各自不同的研究对象、研究方法及研究时间跨度出发,对回弹效应的含义给出了不尽相同的界定,但根据研究视角的不同,这些界定可被划分为宏观经济含义与微观经济含义两大类。

在宏观经济层面,根据 Berkhout 等(2000)的界定,一些文献(Haas 和 Biermayr, 2000; Roy, 2000; Jin, 2007; Ouyang 等, 2010)将回弹效应直接表示为:

$$RE = [(PS - AS)/PS] \times 100\% = [1 - (AS/PS)] \times 100\% \quad (1)$$

其中, RE 、 PS 和 AS 分别表示回弹效应、预期节能量和实际节能量。

上式虽然对回弹效应的定义进行了直观诠释,但由于其中的预期节能量和实际节能量均属于绝对量,很难利用经济学方法对其进行准确估算,所以这一直观定义也难以被应用于实证分析。Saunders(2000a 和 2008)从宏观经济层面对回弹效应的界定研究也较具代表性。他将生产函数设定为 $Y=f(k, L, \tau E)$, 其中 Y 、 K 、 L 和 E 分别表示产出、资本、劳动和能源消费, τ 为能源效率参数,而 $S=\tau E$ 为实际能源服务, τ 增加意味着节能潜力的增加。他将能源效率提高所引起的能源消费变化定义为能源消费对能源效率的弹性 η :

$$\eta = d \ln E / d \ln \tau = (dE/E)(\tau/d\tau) \quad (2)$$

这样,回弹效应 RE 被定义为:

$$RE = 1 + \eta \quad (3)$$

由上式可知回弹效应存在逆反效应($\eta > 0, RE > 1$)、完全回弹($\eta = 0, RE = 1$)、部分回弹($-1 < \eta < 0, 0 < RE < 1$)、零回弹($\eta = -1, RE = 0$)和超级节能($\eta < -1, RE < 0$)^①五种情形。

显然,在开展实证分析时,只要知道实际的能源消费量,并估算出能源效率 τ (即能源增进型技术进步),即可通过(3)式对回弹效应进行测算。因此,与(1)式相比,(3)式对开展相关实证研究而言更具实际的参考和应用价值,而这一界定及其各种变形也被较多地应用于相关研究中(Binswanger, 2001; Small 和 Dender, 2005; Frondel 等, 2008; Wei, 2010; Gonzalez, 2010; Matos 和 Silva, 2011)。总体来看,对回弹效应的宏观经济界定思路相对较为统一,只不过不同的研究者采用不同的生产或成本函数设定形式,所得到的回弹效应的具体表达式存在差异。^②

对回弹效应的微观经济含义界定,大多被用于探讨能源效率改进对家庭和企业等微观主体能源消费的影响效果。Sorrell 和 Dimitropoulos(2008)对相关研究涉及的回弹效应的 8 种代表性微观经济含义界定及其特点或不足进行了详细的归纳和比较(见表 1),^③发现虽

① Saunders(2008)从理论和数量关系上均证明了这种情形是可能存在的。

② Saunders(2008)对此进行了系统的研究,证明了回弹效应的测算结果对生产和成本函数的设定形式具有明显的敏感性,而事先选取的要素替代弹性参数也直接决定着回弹效应的大小,后文将对此进行详细讨论。

③ Sorrell 和 Dimitropoulos(2008)主要是从实际测算的角度出发总结了微观层面回弹效应的 8 种定义,这些定义可被理解为基于回弹效应原始表达式或发生机制而提出的替代性测算表达式。

然基于价格弹性的界定 3 和界定 4 最常被应用于相关研究中,但由于未考虑不对称的价格弹性、能源效率与其他投入成本之间的正相关性、显著的资本成本、价格因素所带来的效率改进、能源效率的内生性、能源效率与时间效率之间的负相关性等相关因素,这些研究具有高估回弹效应的可能,尤其是那些采用能源需求价格弹性来反映直接回弹效应的研究工作具有明显的缺陷。他们还指出,在对微观经济层面回弹效应开展相关实证研究时,应该优先采用能够直接反映回弹效应基本内涵的第(1)类界定,在数据不可得等条件下如需使用其他替代性度量模型,则必须谨慎对待可能采用的其他界定形式,特别要注意这些扩展性界定的前提条件和适用范围,避免因模型误配而导致研究结果出现较大的偏误。可以说,Sorrell 和 Dimitropoulos(2008)提供了一项系统而严谨的研究工作,他们的研究几乎涵盖了所有对直接回弹效应的微观经济含义界定,对后续研究无疑具有很强的指导意义。

表 1 能源回弹效应的 8 种微观经济(扩展)定义汇总

类别	界定形式	主要变量说明	特点或不足	相关文献
第(1)类	$\eta_s(S)-1$	$\eta_s(S)=\frac{\partial S}{\partial \tau} \frac{\tau}{S}$	能源服务的边际效用呈降低趋势,从而使直接回弹效应下降;数据可得性不强	Berkhout 等(2000)
	$\eta_s(NO)+\eta_s(CAP)+\eta_s(UTIL)-1$	$S=NO\times CAP\times UTIL$, NO 、 CAP 、 $UTIL$ 分别为节能设备的数量、平均规模及平均利用率	能源服务的边际效用可能随能源消费量的增加而降低,使得直接回弹效应有所下降	Small 和 Dender (2005)
第(2)类	$-\eta_{ps}(S)-1$	$PS=PE/\tau$	可以对效率改进带来的潜在回弹效应进行估算,可在数据可得性不强时采用	Khazzoom(1980)、Berkhout 等(2000)、Binswanger(2001)
	$-\eta_{pe}(E)-1$	$\eta_{ps}(S)=\eta_{pe}(E)$	仅适用于研究某种单一能源服务(如冰箱)的情况,由于忽略了价格有所引起的能源效率改进,其估算结果可能会高于定义 3	Roy(2000)
第(3)类	$-1-\eta_{ps}(S)-[\eta_{pk}(S)\eta_s(P_k)]$	P_k 为资本(成本)价格	假设能源服务需求是能源成本和能源效率的单调函数,且能源价格为外生变量,消费者对能源价格和能源效率的变化具有相同反应,其估算结果要小于定义 3 和 4	Henly 等(1988)、Mizobuchi(2008)
第(4)类	$-[\frac{\eta_{pe}(E)+\eta_{pe}(\tau)}{1-\eta_{pe}(\tau)}]-1$	中括号内部分表示能源服务对能源成本的弹性	将能源效率视为能源价格的函数而对其进行内生化处理,宜采用联立方程和工具变量法进行估算,不宜采用最小二乘法	Small 和 Dender (2005)
第(5)类	$-1-\eta_{ps}(S)+[\eta_{pt}(S)\eta_s(P_t)\eta_s(\theta)]$	$P_t=P_w/\theta$ 为时间成本,其中 P_w 为家庭平均工资, θ 为时间利用效率, $S=\theta T$	时间效率是能源效率的函数,由于 GDP 增长通常会提高平均工资水平,从而使时间成本在能源服务总成本中的比例增加,其估算结果可能随时间呈下降趋势	思想雏形见于 Binswanger(2001)
	$-1-\eta_{ps}(S)-[\eta_{pk}(S)\eta_s(P_k)]+[\eta_{pt}(S)\eta_s(P_t)\eta_s(\theta)]$	—	同时考虑资本成本和时间成本	无

注:界定形式依次为界定 1 至 8; S 表示实际能源服务(即能源消费的有用功), τ 为能源效率(即能源服务 S 与能源消费 E 的比), $\eta_Y(X)$ 为变量 X 对变量 Y 的弹性, P_S 、 P_E 分别为能源服务的单位成本和能源价格。资料来源:作者根据 Sorrell 和 Dimitropoulos(2008)整理。

四、能源回弹效应的理论机制

(一)理论萌芽阶段。学界最初对回弹效应的理论探索主要围绕 Khazzoom(1980)和 Brookes(1990)的理论推断展开,他们分别从微观经济和宏观经济角度出发,对回弹效应提出了一些探索性解释。

从微观经济视角出发,Khazzoom(1980)在消费者效用水平既定条件下讨论了能源效率改进引起能源服务成本降低进而导致能源服务需求增加的情形(如图 1)。在其他条件不变的情况下,随着能源效率由 τ_1 提高到 τ_2 ,能源服务的边际成本(价格)也由 P_1 下降到 P_2 ,使厂商的利润增加,吸引更多的厂商进入,从而引起产品的总供给增加,使供给曲线由 S_1 向右移动到 S_2 ,并导致达到新均衡点 B 时的能源服务需求 Q_2 大于原来均衡点 A 时的需求 Q_1 ,其中 Q_2 与 Q_1 之间的部分即为回弹效应的部分。Khazzoom(1980)认为随着能源效率的提高,实际节能量必定小于技术节能量。显然,他忽略了需求函数的变化情况,讨论的只是一个高度简化的局部均衡情形,其现实解释力明显不足。但不可否认的是,Khazzoom(1980)

提供了一个基于新古典经济理论的基础框架和思路方向,而部分后续研究也正是沿着这一框架和思路,通过逐渐修正假设条件和完善模型设定形式,使得回弹效应的理论逻辑性和现实解释力均不断被加强。

与 Khazzoom(1980)不同,Brookes(1990)侧重于从宏观经济层面对回弹效应的发生机制进行演绎推理,其对回弹效应理论机制的论断主要可以概括为以下三个重要命题:(1)生产率(*productivity*)命题:虽然存在其他要素对能源的替代,但高质量能源应用的增多能够诱发技术进步,而技术进步可以使全要素生产率得到充分改进,并驱动经济的快速增长,使得能源效率提高的同时能源消费也得到增长;(2)“调整性”(*accommodation*)命题:能源效率提高后,能源价格会进行相应调整,使能源供需关系在一个较先前更高的数量水平上重新达到平衡;(3)“内生性”(*endogeneity*)

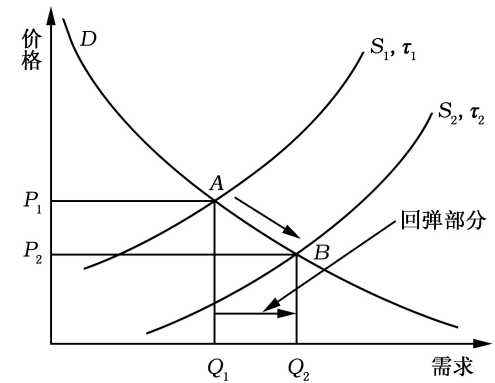


图1 能源效率改进对能源服务需求的影响机制
资料来源:作者根据 Khazzoom(1980)整理。

命题:在对能源效率提高所产生的节能量进行考察时,普遍将能源强度固定为某一历史数值,然后再对能源效率不变时的能源消费量进行估算,但如果能源效率提高是经济增长的一个必要条件从而具有内生性特征的话,那么采用这种方法得到的结果将是不可靠的。尽管 Brookes 通过经验事实对上述命题进行了论证,但这些命题均缺乏严谨的经济学规范性推理证明,因此他并未给出支持“杰文斯悖论”的令人信服的证据,而其最重要的贡献可能就在于他提出的全要素生产率改进的相当一部分贡献来自于能源生产率的提高这一思想(Sorrell,2009)。

虽然学者们围绕着 Khazzoom 和 Brookes 的观点进行了一些探索和争论,然而总体来看,这一阶段的研究还主要停留在对回弹效应存在性的探讨上,并未在理论上对回弹效应提供有力的支持。但不可否认的是,Khazzoom 和 Brookes 提出的很多命题和思想,分别对微观层面和宏观层面回弹效应的理论研究产生了深远的影响,对后续研究的开展具有不可忽视的借鉴作用。

(二)基于新古典增长理论的拓展。Saunders(1992)首次在新古典增长理论框架下通过规范的数理模型证明了 KB 假说的理论存在性,使得回弹效应的理论探索向规范化研究方向迈进了极其重要的一步。Saunders(1992)将仅使能源生产率提高而未对其他要素生产率产生影响的那部分技术进步定义为纯(*pure*)能源效率改进,并采用新古典增长理论证明了逆反效应是纯能源效率改进所产生的一种可能结果。无论采用 CD 生产函数还是 CES 生产函数,结果均表明 KB 假说是成立的,即能源效率改进在理论上可能并不会有助于节约能源,反而会刺激能源需求增加。可以说,Saunders 批判地继承了 Brookes 的主要思想。一方面,Saunders 也认为能源效率改进主要通过降低能源价格和推进经济增长这两个途径使能源消费增加;但另一方面,Saunders 强调了逆反效应仅源于纯能源效率改进,而不是 Brookes 所强调的能源要素在资本和劳动力生产率提高中所发挥的作用。

理论争鸣推动了相关研究成果的丰富和深化。Howarth(1997)对 Saunders(1992)的观点提出了挑战,他延用 Saunders 的一些初始假设条件研究发现,除非能源单位成本(价格)在能源服务成本中达到很大的比重,同时能源服务支出在经济产出中达到很大的比重,否则能源效率改进总是可以产生节能效果的。对能源服务和能源的区分是 Howarth 的一项重

要贡献,这种更为合理的设定方式被很多后续研究所接受。Saunders(2000b)对 Howarth 的质疑进行了回应,指出其将能源服务成本函数设定为里昂惕夫函数存在着无法反映能源与其他要素之间的替代性影响的缺陷。Saunders(2000b)在区分能源和能源服务的条件下,通过一个准两部门模型采用新古典增长理论中通用的均衡分析结合数值模拟方法,再次证明了逆反效应发生的理论可能性。

Saunders(2008)注意到 CD 生产函数存在要素替代弹性恒定为 1 的局限,并发现在新古典增长理论框架下采用不同的函数设定形式,所得到的回弹效应理论结果不尽相同。有鉴于此,Saunders(2008)利用 8 类生产(成本)函数分别对短期和长期回弹效应^①进行了详细的理论推导和数值模拟,系统考察和比较了不同模型设定形式对研究回弹效应的合理性和适用性。他发现无论在企业部门,抑或宏观经济层面,回弹效应的结果对生产函数的设定形式具有很大的敏感性,其中傅立叶成本函数在研究回弹效应方面灵活性最强,能够描述从超级节能到逆反效应的回弹效应的各种可能情形,广义里昂惕夫成本函数和固定替代弹性(CES)生产函数也是较为合理的选择,均能够描述除超级节能之外的各种可能情形,而 CD 生产函数和超越对数成本函数只能得到逆反效应的结论。

无疑,在利用新古典增长理论解释回弹效应方面,Saunders 的系统研究为后续研究者在模型设定的选择上提供了重要参考。一些学者沿袭其研究思路,对回弹效应进行了更加深入的理论探讨。Wei(2007)指出并修正了 Saunders(2000a)存在的一个错误,并采用一个两部门模型(能源生产部门和非能源生产部门)及其总体均衡分析研究发现:在短期内,能源生产效率的提高会增加能源消费和非能源生产部门的产出,但是能源利用效率的提高仅使非能源部门的产出增加,而其对能源消费和能源部门的产出并未产生影响;长期来看,能源生产效率和能源利用效率对能源消费和非能源生产部门产出的影响均大于短期影响,而且能源利用效率对能源消费和产出的影响较能源生产效率对其产生的影响要小得多,改进能源利用效率对限制能源消费的效果要好于能源生产效率的改进。Wei(2007)将经济系统分为能源生产部门与非能源生产部门,并将能源效率分为能源利用效率和能源生产效率,使回弹效应的理论模型更加贴近现实,这是其对 Saunders 研究工作的最大改进。Wei(2010)继而采用普适性生产函数形式对回弹效应五种情形的发生条件进行了更为一般化的讨论。结果表明,能源供给是决定回弹效应大小的重要因素,化石能源存量的有限性能够对潜在的回弹效应产生限制作用;能源与其他生产要素之间的替代性也是影响回弹效应的一个重要因素,尤其对短期回弹效应具有更为明显的限制作用;超级节能在短期和长期内均可能发生。Wei(2010)同时也指出了其研究的主要不足在于未考虑资本效率的改进。

表 2 对在新古典增长理论框架下的相关研究进展进行了总结。总体来看,现有研究已经证明了回弹效应各种情形的理论存在性,也对回弹效应的作用机制提供了一定的解析。但是,这些研究均基于一些严格的假设条件,如免费获得的外生技术、规模报酬不变的生产函数、完全竞争的市场、充分的就业、忽略资本与能源的品质差异以及忽略其他生产要素的效率改进等。这些严格的假设降低了这些新古典理论模型对很多政策问题的解释力(Sorrell,2009)。其中,技术进步为外生且免费获得这一假设,与现实中技术的获得通常需要付出一定研发或引进成本的事实并不相符,从而难以清晰刻画现实世界中的技术获得及演化过程,这一新古典增长理论的主要局限也应该是现有研究的最大不足。而兴起于 20 世纪

① 短期和长期回弹效应的主要区别在于资本 K 是否变动。

表 2 新古典增长框架下的回弹效应理论研究进展

代表性文献	函数形式	基本假设			其他假设	主要结论
		能源价格 是否内生	是否区分能源 和能源服务	均衡 类型		
Saunders(1992)	$Y = \nu_N F(\nu_K K, \nu_L L, \nu_E E)$	否	否	局部 部门	纯能源效率改进	KB 假说成立
Howarth(1997)	$Y = a K^{\alpha} S^{\beta} L^{1-\alpha-\beta}$ $c = c_0 + c\epsilon\epsilon$	否	是	局部 部门	同 Saunders(1992)	KB 假说仅在能源单位成本在能源服务成本中达到很大比重,同时能源服务支出在经济产出中达到很大比重时成立
Saunders(2000a)	$Y = a K^{\alpha} L^{\beta} (\tau E)^{1-\alpha-\beta}$	否	是	局部 部门	同 Saunders(1992)	KB 假说成立
Saunders(2000b)	$Y = a K^{\alpha} L^{\beta} S^{1-\alpha-\beta}$ $S = \tau \tilde{K}^{\gamma} \tilde{L}^{\delta} E^{1-\gamma-\delta}$ $c = (c_0 \epsilon)^{\alpha} c_0^{1-\alpha}$	否	是	局部 准两部门	同 Saunders(1992)	KB 假说成立
Wei(2007)	$Y = a K^{\alpha} L^{\beta} (\tau E)^{1-\alpha-\beta}$	否	是	局部 部门	最终产品价格外生、长期储蓄率不变	能源利用效率提高使产出和能源消费增加
	$Y = a K^{\gamma} L^{\alpha} X^{\beta} (\tau E Y)^{1-\alpha-\beta}$ $E = b K^{\epsilon} E^{\gamma} L E^{1-\gamma}$	是	是	总体 两部门	最终产品价格内生、利用线性支出系统(LES)需求函数反映家庭消费	短期内,能源生产率提高使产出和能源消费增加,能源利用效率提高仅使产出增加,对能源消费无影响;长期内,能源生产效率和利用效率对产出和能源消费的影响大于短期影响,利用效率的影响远小于生产效率的影响
	里昂惕夫生产函数					尽管缺乏足够的灵活性而不适用于严谨性分析,但可以在分析替代弹性对回弹效应的影响方面提供一些简单易懂的解释
	CD 生产函数					可选形式,能够描述除超级节能外的各种可能情形
	CES 生产函数					非理想形式,缺乏足够的灵活性
Saunders(2008)	广义里昂惕夫生产函数	否	是	局部 部门	最终产品价格内生、规模报酬不变	可选形式,能够描述除超级节能外的各种可能情形
	广义里昂惕夫成本函数					非理想形式,仅能描述逆反效应
	超越对数成本函数					非理想形式,缺乏足够的灵活性
	对称的广义 McFadden 成本函数					理想形式,能够描述各种可能情形
Wei(2010)	傅立叶成本函数					
	$Y = f(K, \tau E)$	是	是	总体 部门	劳动投入恒定且被忽略、福利与产出相等、经济总是向更有效率的均衡演化、资本市场和能源市场均完全竞争	能源供给是决定回弹效应大小的重要因素,化石能源存量的有限性限制潜在的回弹效应;能源与其他生产要素之间的替代性对短期回弹效应具有更为明显的限制作用;超级节能情形在短期和长期内均可能发生,长期回弹效应可能小于短期回弹效应

注:Y、K、L 和 E 分别表示产出、资本、劳动和能源,ν 为生产率参数,c、c₀、c_e、ε、τ 和 b 分别为能源服务单位成本、能源单位成本(价格)、能源强度(能源效率的倒数)、能源效率(在 Wei(2007)中表示能源利用效率)和能源生产率。限于篇幅,Saunders(1992)和 Saunders(2008)所采用的具体函数形式并未给出。

资料来源:作者根据相关文献整理。

90 年代的内生增长理论已经实现了技术进步的内生化,从而对经济增长的内在机制具有了更加深刻的解释力,因此将其应用于回弹效应研究,显然可以很好地克服上述不足。

(三)基于效用理论和成本理论的深化。与 Saunders 等人的研究思路不同,以 Greening 为代表的一些学者试图从新古典微观经济学的效用理论和成本理论出发,并通过将对回弹效应进行分类来探讨其作用机制。在 Greening 等(2000)之前,学界对回弹效应的分类和作用机制并未形成较为统一的认识。Greening 等(2000)注意到回弹效应对不同层面经济行为的反映程度是不同的,并对回弹效应的类型进行了系统归纳,将其分为以下四类。

1. 直接(*direct*)回弹效应:某种能源效率的改进可以降低与之相关的能源服务价格,引起该种能源的需求和消费增加。直接回弹效应仅限于某种特定的能源及与之相关的能源服务。

2. 二次(*secondary*)回弹效应:消费者真实收入的增加和企业产出成本的降低所产生的超出其直接能源服务需求和本行业范围的影响,这种影响源于对包括其他能源服务在内的其他产品和服务需求的增加,这些需求的增加可能引起能源消费的增加,并带动经济增长。

3. 整体经济(*economy-wide*)回弹效应:指能源效率改进所引起的能源服务价格的降低,带动了不同市场间相关中间产品和最终产品或服务的价格和产出随之调整,由此引致经济系统整体上发生相应变化,包括微观经济层面的产品和服务价格降低、需求增加,以及宏观经济层面的整体生产效率提高和经济增长加速,进而拉动整个经济系统对能源的需求和消费增加。

4. 变革(*transformational*)效应:技术进步具有改变消费者偏好、引起社会体制变革及生产组织重构的潜在影响。

Greening 等(2000)的上述分类工作为阐释回弹效应的作用机制提供了非常重要的基础,尤其是前三种作用机制,被很多后续研究所遵循。需要指出的是,随着对回弹效应理论研究的深入,很多后续研究者对二次回弹效应的讨论范围略有扩大,并采用更为准确的间接(*indirect*)回弹效应这一术语取代二次回弹效应而与直接回弹效应相提并论。可以看出,Greening 等(2000)对直接回弹效应的探讨,主要沿袭了 Khazzoom(1980)从微观经济角度对回弹效应提出的相关思想,因此直接回弹效应也仅限于在微观经济层面发生。

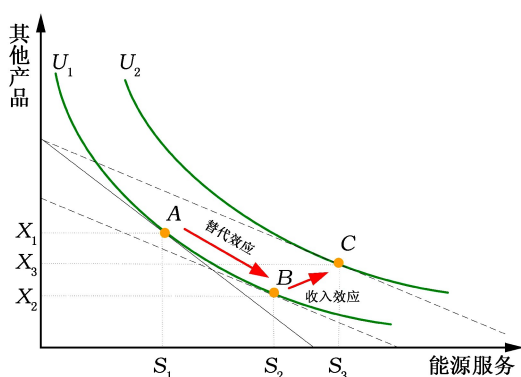


图 2 消费端直接回弹效应的作用机制

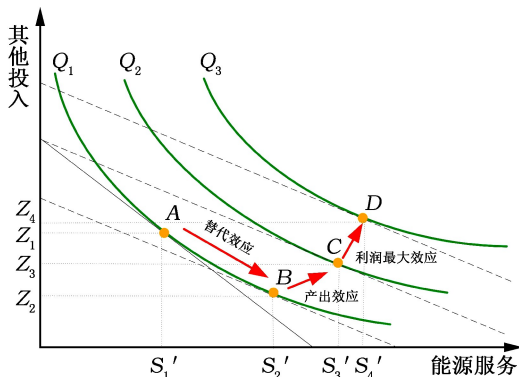


图 3 厂商端直接回弹效应的作用机制

在直接回弹效应方面, Sorrell(2007a)的理论分析较为系统而透彻。在消费端,他将直接回弹效应分解为替代(*substitution*)效应与收入(*income*)效应两种作用机制(如图 2),这也是目前相关文献中最频繁用于解释直接回弹效应的两种机制。假设消费者在一定的收入

预算约束下同时消费某种能源服务 S 和另一种产品(服务) X 以使其效用实现最大化。 A 点为无差异曲线 U_1 上的效用最大化初始均衡点。能源效率的改进使得能源服务的有效价格相对下降,在无差异曲线 U_1 不发生变化的情况下,消费者通常会选择用更多的能源服务替代另一种产品(服务)的消费,这样消费均衡点随之由 A 点转向 B 点,此时的能源服务消费量 S_2 大于原来的 S_1 ,其他产品(服务)的消费量由 X_1 减少为 X_2 。因此,替代效应可以被定义为:在消费者效用水平不变的条件下,消费者利用更多因效率提高而变得相对廉价的能源服务替代其他产品或服务的消费。另一方面,能源服务价格的降低意味着消费者的总购买力或真实收入有所增加,预算约束被放松,从而使其有能力将无差异曲线由 U_1 外推至 U_2 ,以增大其效用,在其他产品价格和消费者名义收入不变的情况下,新的消费均衡点出现于 C 点,能源服务消费量随之由 S_2 变为 S_3 ,其他产品消费量由 X_2 增加至 X_3 。因此,收入效应可以被定义为:在其他产品价格和消费者名义收入不变的条件下,能源效率改进所引起的能源服务价格相对下降,使得消费者的真实收入有所增加,从而使消费者有能力消费更多的能源服务和其他产品(服务)而提高其效用水平。直接回弹效应即反映于替代效应与收入效应的综合影响。如果用 $E(S)$ 和 $E^*(S)$ 分别表示在能源效率改进前后获得能源服务 S 所需消费的对能能量量 E ,那么消费端的直接回弹效应可表示为:

$$RE = [(E^*(S_3) - E^*(S_1)) / (E(S_1) - E^*(S_1))] \times 100\% \quad (4)$$

替代效应总是可以引起能源服务消费的增加,其增加程度取决于能源服务与其他产品(服务)直接的替代程度;收入效应对能源服务消费的影响方向是不确定的,取决于能源服务是常规商品(*normal good*)还是次品(*inferior good*)或吉芬商品(*Giffen good*),前者表现为增加,后者表现为减少(Binswanger, 2001)。因此,图 4 给出的只是能源服务作为常规商品时的情形。如果能源服务是次品,那么 C 点将会向左上方移动, S_3 将会小于 S_2 。但是,收入效应引起能源服务的减少通常不足以抵消替代效应所引起的能源服务的增加部分,对能源服务的需求总体上依然是增加的。收入效应超过替代效应的情形在现实中是很难出现的(Sorrell, 2007a)。

在厂商端, Sorrell(2007a)将直接回弹效应分解为替代效应、产出效应和利润最大效应(如图 3)。假设厂商在一定的生产成本水平下,以利润最大化为目标投入能源服务 S' 和另一种投入要素 Z 进行生产。 A 点为等产量曲线 Q_1 上的生产者最优初始均衡点。能源效率的改进引起能源服务的单位有效成本相对下降,在等产量曲线 Q_1 不发生变化的情况下,厂商通常会选择利用能源服务替代其他投入要素以实现生产成本最小化,这样生产均衡点随之由 A 点转向 B 点,此时的能源服务消费量 S'_2 大于原来的 S'_1 ,另一种产品(服务)的消费量由 Z_1 减少为 Z_2 。因此,替代效应可以被定义为:在产出水平不变的条件下,厂商利用更多因效率提高而变得相对廉价的能源服务对其他生产要素进行替代。另一方面,能源服务有效成本的降低意味着厂商的生产成本预算被放松,在相同的生产成本水平下等成本线向右方外移,从而使等产量曲线由 Q_1 外推至 Q_2 ,以增加其利润空间,在其产品价格不变的情况下,新的生产均衡点出现于 C 点,能源服务投入量随之由 S'_2 变为 S'_3 ,其他要素投入量由 Z_2 增加至 Z_3 。因此,产出效应可以定义为:在厂商产品价格和生产成本水平不变的条件下,能源效率改进所节约的成本使厂商的产出水平得以提高,从而引起包括能源服务在内的所有生产要素的投入量增加。但是,厂商对能源效率改进的反映还没有到此为止, C 点处的均衡状态只是在生产成本既定下要素组合的最优状态,此时个体厂商实现了利润最大化。然而,在完全竞争市场条件下,较大的利润吸引更多的厂商进入该行业,使得产品的供给量增

加,价格下降,需求量也随之增加。此时该行业的总供给曲线将向右方推移,等产量曲线由 Q_2 外推至 Q_3 ,这一过程类似 Khazzoom(1980)所描述的情形。新的均衡点出现于 D 点,能源服务投入量由 S'_3 变为 S'_4 ,其他要素投入量由 Z_3 增加至 Z_4 。Sorrell(2007a)并未直接给出利润最大效应的定义,本文根据上述描述将利润最大效应定义为:在完全竞争市场条件下,能源效率改进所节约的成本使厂商的利润水平得以提高,从而吸引更多的厂商生产更多的产品,引起产品的供给增加,带动包括能源服务在内的所有生产要素的投入量增加。如果用 $E(S')$ 和 $E^*(S')$ 分别表示在能源效率改进前后获得能源服务 S' 所需消费的对能源量 E ,那么厂商端的直接回弹效应可表示为:

$$RE = [(E^*(S'_4) - E^*(S'_1)) / (E(S'_1) - E^*(S'_1))] \times 100\% \quad (5)$$

厂商端的替代效应也总是能够增加能源服务的消费,但产出效应和利润最大效应对能源服务消费的影响方向是不确定的,同样取决于能源服务是生产要素中的常规产品还是次品,前者表现为增加,后者表现为减少。因此,图 3 给出的只是能源服务作为常规生产要素时的情形。如果能源服务是次品,那么等产量线 Q_3 可能位于 Q_2 的左边,对能源服务的投入反而会减少。可见,厂商端直接回弹效应的最终大小取决于替代效应、产出效应和利润最大效应的综合影响。

显然,对直接回弹效应机制的讨论仅限于消费(投入)能源服务和另一种并不消耗能源的商品(生产要素)的情形,即假定能源效率的改进与其他商品和服务的需求无关,且这些商品和服务的生产和使用并不需要消耗任何能源,但这一假设在现实世界中无疑是很难成立的。能源效率改进所带来的能源服务成本的降低,很可能对其他多种商品和服务的需求产生不可低估的影响,其中与能源服务之间表现为替代关系的商品和服务,往往在这种影响下需求会减少,而与能源服务之间表现为互补关系的商品和服务,需求会增加(Sorrell, 2007a)。如果这些商品和服务的生产同样需要能源服务要素,那么能源效率改进所引致的用于生产这些商品和服务的能源需求的增加部分即为间接回弹效应。Gavankar 和 Geyer(2010)将间接回弹效应的含义概括为:某种能源效率的改进引起其他产品和服务需求的增加,从而带动生产这些产品和服务所需的能源消费增加,即回弹效应的范围超出了效率改进的那种能源本身。他们认为间接回弹效应大体上可以利用以下两类作用机制予以解释。

(1) 二次(*secondary*)效应:某种能源效率改进所带来的能源服务成本下降,会引起消费者的可支配收入份额增加和厂商的生产成本下降,进而引起其他产品和服务的相关能源消费增加,这种影响主要通过超出该种能源(服务)本身的替代效应和收入(产出)效应而产生。

(2) 隐含(*embodied*)能效:改进能源效率本身所需要的材料设备(如绝热材料)、实现或制造更高效的能源服务或产品本身都需要消耗能源,这意味着增进能源效率这一过程本身对相关节能产品需求的增加也间接带来了更多的能源需求。

可见,间接回弹效应的大小在很大程度上也同样取决于替代效应和收入效应的综合影响,只不过此时的替代效应和收入效应是通过某种能源服务与其他多种产品和服务之间的联系而产生的。值得一提的是, Sorrell(2009)对间接回弹效应的作用机制进行了更为详细的阐释,除上述隐含能效外,他们还提出了再支出(*re-spending*)效应、产出(*output*)效应、能源市场(*energy market*)效应及复合(*composition*)效应四种作用机制。可以看出,不同于直接回弹效应仅限于微观经济层面,间接回弹效应的作用机制既涉及微观经济相关行为,也关系到一些宏观经济因素。

与直接和间接回弹效应被赋予清晰的作用机制相比,现有研究对整体经济回弹效应的

理论探讨还显得不够透彻,这与整体经济回弹效应本身的复杂性和不确定性有很大关系。Greening 等(2000)注意到在他们之前大部分对回弹效应的理论探讨是在静态框架下开展的,尽管在静态分析条件下微观经济层面的回弹效应可能并不显著,但是一旦这些微观行为从整体上对消费者、政府的消费和投资行为构成累积性效应的话,那么这些效应对能源市场上能源服务总体价格的调整将产生显著影响。而这种影响所产生的回弹效应大小将是高度不确定的,尤其是在技术进步的演化路径表现为随机形式的条件下,其不确定性更高。而整体经济回弹效应可视为不同市场间的能源与其他商品的价格与产出之间的相互关联效应。Greening 等(2000)认为只要能源供给数量给定,那么消费者偏好和生产函数也会随之确定,能源和其他商品的价格将会调整到互相适应的水平。因此,一旦这些基本经济变量给定,就意味着经济系统作为一个整体具有唯一的均衡稳定状态,而只要其中任何一个商品的相关因素发生变化,均可能对其他商品的产出水平和均衡价格产生广泛的影响。这就是整体经济回弹效应的作用机理。

Gavankar 和 Geye(2010)对整体经济回弹效应进行了补充性阐述,他们将整体经济回弹效应定义为能源效率改进带来的技术创新、生产率增长以及经济增长所引起的经济整体上能源消费的增加,即能源效率改进引起的不同经济部门的价格、产品和资源之间所发生的一系列显著的相互作用关系的结果。他们指出效率的改进具有巨大的影响力,它可以推动技术创新、经济增长以及新市场的开发,并在长期范围内引起消费方式和社会制度的转变。而其中价格和产出的再调整、总体经济行为与技术进步,均推动了可以引致整体经济回弹效应发生的社会生产率的增长。但由于具有明显的复杂性和动态性,整体经济回弹效应较直接回弹效应,甚至间接回弹效应更难以进行经验测算。

五、能源回弹效应的经验证据

(一)直接回弹效应的经验测算。由于遵循微观经济学的一些基本原理,与间接回弹效应和整体经济回弹效应相比,直接回弹效应更易于测算,其研究成果与研究方法也更为丰富多样。这些研究要集中于汽车运输、家庭取暖及用电等方面(见表 3)。

在回弹效应的度量方式选择方面,Sorrell(2007b)对各种弹性关系的适用范围提供了较为详细的讨论。他认为微观经济层面回弹效应的大小取决于能源服务需求对能源效率的弹性,而这一弹性又可分解为能源价格对能源效率的弹性与能源需求对能源价格弹性的乘积。因此,虽然在技术进步等背景条件的界定方面并不一致,但相关研究大多尝试利用相对价格变化所引起的消费方式改变(Haas 和 Biermayr,2000),即前文表 1 中提供的一些能源服务需求与价格等相关因素之间的弹性关系来对直接回弹效应进行测算。而选取应用哪种弹性关系则主要取决于数据的可得性(Sorrell 等,2009),但对这些弹性关系的界定与度量上的不同选择,也成为了文献结果之间存在较大差异的一个主要原因。与能源服务和能源效率相比,价格和能源消费通常具有更强的数据可得性,因此也被更多地采用。显然,准确度量能源服务有效价格的变化及其对能源服务需求的影响,对测算结果的稳健性具有至关重要的影响。值得一提的是,有研究发现,能源效率改进所引起的能源服务有效价格的降低,对那些先前无法负担能源服务支出,但又对其具有一定需求的边际消费者而言具有重要的影响(Madlener 和 Alcott,2009),而这也在很大程度上验证了价格变动在直接回弹效应的发生过程中所产生的重要作用。正因为如此,能源服务需求的价格弹性常被视为回弹效应的理想替代变量而被大部分相关实证研究所采用。

表 3 直接回弹效应的计量经济经验测算研究

文献	部门	国家	数据样本	方法	模型设定	回弹效应(%)
Small 和 Van, Dender (2005)	汽车运输	美国	州级 <i>PD</i> (1961—2001 年)	3SLS	对数—线性、联立方程	短期 4.5、长期 22
Frondel 等(2008)	汽车运输	德国	家庭调查 <i>PD</i>	<i>FE</i> 、 <i>RE</i>	双对数、单方程	长期 57—67
Hymel 等(2010)	汽车运输	美国	州级 <i>PD</i> (1966—2004 年)	3SLS	联立方程	短期 4.7、长期 24.1
Matos 和 Silva(2011)	汽车运输	葡萄牙	<i>TD</i> (1987—2006 年)	2SLS	双对数、单方程	24.1
Greene(2012)	汽车运输	美国	<i>TD</i> (1966—2007 年)	动态 <i>OLS</i>	双对数、单方程	短期 3.1、长期 13.1
Haas 和 Biermayr(2000)	家庭取暖	奥地利	家庭调查 <i>CD</i>	<i>OLS</i>	非线性、单方程	20—32
Nesbakken(2001)	家庭取暖	挪威	家庭调查 <i>CD</i> (1990 年)	<i>Logit</i> 模型、 <i>IV</i>	线性、联立方程	15—55
Madlener 和 Hauertmann(2011)	家庭取暖	德国	家庭调查 <i>PD</i>	<i>FE</i>	双对数、单方程	12—49
Guertin 等(2003)	家庭取暖、 家电和照明	加拿大	家庭调查 <i>CD</i> (1993 年)	<i>OLS</i>	双对数、单方程	水暖 34—38、 其他采暖 29—47、 家电和照明 32—49
Jin(2007)	家庭用电	韩国	家庭调查 <i>CD</i> (2002 年)	<i>OLS</i>	非线性、单方程	冰箱 72—84、空调 57—70
Davis(2008)	家用洗衣机	美国	家庭调查 <i>PD</i>	<i>Tobit</i> 模型、 <i>FE</i>	线性、单方程	5.6
Gonzalez(2010)	家庭用电	西班牙 (加泰罗尼亚)	<i>PD</i> (1999—2006 年)	<i>FE</i> 、 <i>GLS</i> 、 <i>ECM</i>	双对数、单方程	短期 35、长期 49

资料来源：作者根据相关文献整理。

但是，要想通过价格弹性法得到可靠的测算结果，需要满足两个假设条件：其一，消费者对能源价格和能源效率变化的反应是一致的，也就是说能源价格降低和能源效率提高对能源服务需求的影响方向是相同的；其二，能源效率的获得是外生的且不受能源价格的任何影响。显然，这两个假设在现实世界中均很难实现，从而导致其测算结果容易出现较大的偏差（Gavankar 和 Geyer, 2010）。具体来讲，现实经济中违背上述假设而导致测算结果出现偏差的原因可能体现在以下几个方面。

首先，尽管能源（服务）价格通常不会随其他投入要素成本的变化而改变，但能源效率却并非如此。事实上，较高的能源效率可能仅需要通过购买成本更高的新设备，而非通过技术模仿就能够实现。因此，如果未将用于能源效率改进的额外资本成本考虑在内的话，那么借助于能源价格的历史或截面数据而进行的测算就存在高估直接回弹效应的可能（Henly 等，1988）。其次，已有研究证明，价格上涨期的能源价格弹性通常高于价格下降期，所以应用价格弹性法在价格上升和下降时期所得的回弹效应测算结果应该是不同的（Haas 和 Biermayr, 2000）。因此，很多基于时间序列数据的实证测算研究就可能因存在偏高的价格弹性而获得偏高的回弹效应结果。而其偏差的大小则取决于所考察的能源服务的类型及数据样本的时期跨度（Gavankar 和 Geyer, 2010）。再次，能源效率的提高无疑会节省消费者的时间成本，而时间成本通常可以用消费者的工资率来度量。因此，随着现代社会经济的发展，工资水平快速提高，如果时间成本持续增加到一定程度而变得较能源成本更为重要的话，那么许多能源服务的直接回弹效应将处于相对次要的地位（Binswanger, 2001），从而使消费者对其引起的额外能源成本的重视程度降低。在这种情况下，如果不对时间成本进行必要的控制，那么直接回弹效应也将被高估。最后，可能也是最重要的一点，就是不仅能源效率的提高会引起能源服务需求的增加，同时能源服务需求的增加也可能推动能源效率的改进。这是一个双向循环关系，其中能源服务需求的多少取决于能源服务成本的大小，而成本的大小又取决于能源效率的高低，反过来能源服务需求又促进了能源效率的提高（Small 和 Dender, 2005）。这就意味着能源效率并非严格外生变量。虽然这一双向因果关系所引起的内生性问题可以通过建立联立方程并采用工具变量法等相应的计量方法得到解决，但是联立方程的大样本要求使其应用受到较大限制（见表 3），而更多采用单方程模型的实证研究因未考虑内生性问题而使其估计结果很可能是有偏的。

值得一提的是，已经有少数学者意识到上述内生性问题的的重要性，并开始尝试在实证研究中对其加以控制。Small 和 Dender(2005)以及 Hymel 等(2010)通过构建联立方程计量

模型,利用美国州级面板数据对汽车燃油效率改进所产生的直接回弹效应进行了测算。他们将能源效率等变量视为内生变量,并采用 2SLS 和 3SLS 对其内生性进行了控制,通过对比研究发现,2SLS 和 3SLS 的测算结果较 OLS 的结果明显更加稳健,由于存在内生性偏误,以往研究得到的回弹效应测算结果大多偏高。

综上,虽然直接回弹效应的实证研究较为丰富,但由于在理论假设和数据可得性等方面存在一些问题,这些研究所采用方法的合理性与测算结果的稳健性都颇受质疑。尽管现有研究的测算结果不尽相同,但大部分研究结果显示直接回弹效应处于一个相对较低的水平,而且几乎未发现微观经济层面存在逆反效应的证据。

(二)间接回弹效应的经验测算。与直接回弹效应相比,针对间接回弹效应所开展的实证研究明显偏少。由于间接回弹效应的测算需要对家庭消费支出中的隐含能支出进行考察,所以这些隐含能数据的缺乏是导致相关实证研究不足的一个主要原因。对间接回弹效应的大小,一些学者最初认为,由于能源成本在家庭和企业总支出中所占份额较小,而且大部分产品和服务的隐含能也很微小,所以间接回弹效应应该很小(Schipper 和 Grubb, 2000)。而且,并没有证据显示发达国家家庭将其因能源成本降低而获得的额外储蓄再次用于能源消费(Schipper 和 Grubb, 2000)。但是,上述观点目前已经受到了挑战,一些研究显示,随着消费者收入的增加,与直接回弹效应相比,间接回弹效应的影响变得越来越重要。

Lenzen 和 Dey(2002)基于投入产出分析方法,对两种边际资源强度条件下澳大利亚不同收入群体的再支出效应进行了考察,发现日常食品消费的再支出效应为 45%—54%,而水暖消费的再支出效应为 8%。但由于采用了边际资源强度而不是边际产品消费进行分析,其测算结果是基于先前的消费方式而不是新的消费方式下的边际资源强度而获得的,这就可能导致那些消费方式有所改变的样本测算结果出现偏差。Alfredsson(2004)的研究也存在类似的问题。Alfredsson 采用瑞典的家庭消费支出数据样本和生命周期评价法,定量考察了家庭采取绿色消费方式对能源消费和碳排放的影响。结果显示更加“绿色”的消费行为和消费偏好确实降低了相关领域能源消费和碳排放,但节省下来的开支也被用于其他商品和活动的消费,从而引起 30%左右的间接回弹效应。但是,Alfredsson 假定家庭消费方式的改变仅发生于一些特定的商品上,而他们节省的开支却可用于包括这些商品本身的所有商品,这一假设显然不够合理。因此,Alfredsson 得到的实证结果也不够稳健。

Brannlund 等(2007)采用瑞典家庭采暖和家用汽车运输的数据样本,通过计量分析与数值模拟相结合的方法,考察了能源效率改进的收入效应和替代效应所引起的家庭支出变化,并测算了家庭需求改变所引致的二氧化碳的直接和间接回弹效应,结果显示 20%的能源效率改进可以使碳排放增加约 5%,即出现了逆反效应。Mizobuchi(2008)在 Brannlund 等(2007)的模型中加入了能源效率改进所需的资本成本变量,利用日本家庭支出数据样本研究发现,在考虑资本成本因素后,直接和间接回弹效应均明显降低,总回弹效应由考虑资本成本因素前的 115%降低为 27%。同样,他们的研究也存在一定不足。在其模型中每类商品的弹性参数均是固定的,这就意味着其得到的回弹效应结果并不随家庭收入水平的变化而改变,这种设定显然不够合理。此外,他们采用隐含能与碳排放的静态截面数据样本的隐含前提假设是技术水平不变,但这又与模型本身设定的存在技术进步的假设相矛盾。

不难发现,学界对间接回弹效应的实证研究相对较少,少数相关研究也均存在一些明显缺陷。而且,现有研究均从微观家庭层面对间接回弹效应进行了考察,但从微观企业层面开展的研究尚未出现。从现有研究结果来看,间接回弹效应并不像一些学者所认为的那样微不足道。

(三)整体经济回弹效应的经验测算。由于涉及的模型、参数及相关因素更为复杂,准确测算整体经济回弹效应也存在不小的困难。*CGE* 模型因具有适用于构建大型宏观经济模型和处理大量数据的优点而得到了很多研究者的青睐。同样基于新古典增长理论的 *CGE* 模型,不仅能够与前文提到的宏观经济层面回弹效应的理论解释很好地呼应,为其提供直接的经验证据,而且还可以将要素替代、收入水平、产业结构和政策导向等影响能源效率的各种因素予以考虑,从而在合理的模型设定条件下有助于得到较为稳健的结果。但 *CGE* 模型也存在计算复杂、对数据样本要求高等缺点。由表 4 可以看到,这些针对不同国家和地区的研究结果存在较大差异,最小结果为 30%,而最大结果为超过 100%的逆反效应。与直接和间接回弹效应的研究结果相比,大部分整体经济回弹效应的测算结果要更高,而且相当一部分研究提供了逆反效应存在的证据。这些研究结果告诉我们,宏观经济层面的逆反效应可能并非小概率事件,尽管有些研究结果的稳健性还值得商榷。

表 4 基于 *CGE* 模型的整体经济回弹效应经验测算研究

文献	国家	生产函数设定	能源要素替代弹性参数	能源效率设定(%)	回弹效应(%)	是否提供了敏感性分析
Grepperud 和 Rasmussen(2004)	挪威	CES	介于 0—1 之间	100	<100	否
Glomsrød 和 Wei(2005)	中国	CD、L、CES	1	未定量给出	>100	否
Hanley 等(2006)	苏格兰	CES	0.3	5	122	否
Allan 等(2007)	英国	CES	0.3	5	30—62	是
Hanley 等(2009)	苏格兰	CD、L、CES	0.1、0.3、0.7	5	113—174	是
Guerra 和 Sancho(2010)	西班牙	CES	0—1.5	5	90—108	是
Turner 和 Hanley(2011)	苏格兰	CD、L、CES	0.4、0.8、1.1	5	—66—360	是

注:CD 为柯布—道格拉斯生产函数;L 为里昂惕夫生产函数;CES 为固定替代弹性生产函数。

资料来源:作者根据相关文献整理。

虽然这些基于 *CGE* 模型的实证研究遵循着相同的理论基础和方法体系,但不同的研究者在生产函数和相关参数设定、模拟程序以及一些关键性假设上存在着差异,这也是相关实证研究结果存在分歧的主要原因。具体来说,能源与其他生产要素之间的替代弹性、资本和劳动的供给弹性、各部门产品的价格弹性、生产部门的能源强度、不同消费品之间的替代程度、各种产品的需求收入弹性以及政府的税收再分配制度,这些因素均是影响整体经济回弹效应测算结果的重要参量(Sorrell,2007b)。其中任何因素的设定情况发生改变,均可能导致结果出现较大不同。例如,Hanley 等(2009)以及 Turner 和 Hanley(2011)的考察对象均为苏格兰,虽然他们设定的能源效率增长水平均为 5%,并且采用了相同的生产函数设定和建模形式,但由于他们对能源要素替代弹性及劳动力市场结构等相关参数做出了不同的选择,从而使二者的结果并不一致。前者的结果为逆反效应,而后者在不同的条件下得到了超级节能、部分回弹及逆反效应的结果(见表 4)。这说明测算结果对相关参数的设定具有较强的敏感性。因此,自 Allan 等(2007)起大部分研究都提供了关键参数的敏感性分析。

显然,一旦对上述各种因素的设定不够合理,就可能导致测算结果出现相应的偏误,而这些潜在的偏误可以通过对关键参数的敏感性分析或采用更加复杂的假设条件予以修正(Guerra 和 Sancho,2010)。此外,Guerra 和 Sancho(2010)还注意到导致先前研究结果产生偏误的一个重要原因,就是相关研究在运用 *CGE* 模型时,对实际节能量和潜在节能量的度量是基于不同的均衡条件,对前者的测度一般采用总体均衡分析,而对后者的测算往往基于局部均衡分析,这种度量思路上的不一致很可能导致最终结果产生偏误。因此,他们提出将投入产出分析与 *CGE* 方法相结合的思路来解决这一问题,两种方法均可以在总体均衡条件下分别实现对潜在节能量和实际节能量的估算,从而可以很好地修正上述偏误。他们利用西班牙的数据样本,通过对原有方法和新提出的方法的测算结果进行比较发现,前者确实存在较为显著的偏误,在

回弹效应小于和大于 100% 时分别呈现出向下和向上的偏误,并且偏误的程度对能源要素替代弹性参数具有较强的敏感性。虽然 Guerra 和 Sancho(2010)研究结果的稳健性还有待进一步验证,但后续研究确实需要对上述问题予以重视。

另外,大部分现有研究将能源效率假定为外生的纯能源增进型技术进步,即认为能源效率的获得不需要付出任何成本。只有 Allan 等(2007)在进行敏感性分析时,对能源效率改进所需付出的必要成本进行了相应设定。他们假定能源效率需要投入必要的劳动才能获得,因此利用各部门中劳动效率的损失来度量能源效率成本。结果发现,这种情景下 5% 的能源效率提高可以使长期电力消费较预期下降 10.4%,非电力能源消费下降 3.6%,即出现了超级节能的情形,而其他情景下得到的结果均显示存在部分回弹效应。可见,是否考虑能源效率成本从而将能源效率视为内生变量,对整体经济回弹效应的测算结果具有不可忽视的影响。但遗憾的是,现有研究对这一问题鲜有关注。

(四)中国能源回弹效应的经验测算。能源回弹效应研究在我国尚处于起步探索阶段,目前国内少数相关文献基本均是针对我国宏观经济(工业部门)层面的回弹效应所开展的实证研究。由表 5 可见,周勇和林源源(2007)在国内首次对能源回弹效应开展了实证研究,是国内外该领域第一篇以中国为研究对象的文献,其采用的研究思路和方法也明显不同于国外相关研究。考虑到中国能源价格数据难以获得且存在较大的区域差异,以及现有能源价格体系的非市场性等因素,周勇和林源源(2007)另辟蹊径,提出了一种替代性方法,即利用技术进步、经济增长、能源强度与能源消费之间的逻辑关系推导出回弹效应的替代测算模型,并利用全要素生产率(TFP)对广义技术进步进行度量,进而采用索洛余值法对其进行求解,测算出我国宏观经济层面的回弹效应大小。由于上述方法具有数据可得性强和计算简便等优点,因而对后续研究产生了重要影响,随后的文献很多沿袭了他们的研究思路,只是在计量分析方法和数据样本方面有所调整(刘源远和刘凤朝,2008;王群伟和周德群,2008;冯烽和叶阿忠,2012;Lin 和 Liu, 2012)。然而,周勇和林源源(2007)的研究思路与方法也存在一些缺陷。从前文对能源回弹效应的含义界定可知,回弹效应的产生源于能源效率的改进,所以国外对回弹效应的界定也都紧密围绕能源效率展开。这里的能源效率仅指反映对能源要素本身的“狭义”使用效率,而不包括来自资本、劳动及其他要素利用效率提升所引起的能源效率的“广义”改进,因此,利用全要素生产率及其所度量的广义技术进步表征能源效率,无法将能源要素本身的利用效率与其他要素的利用效率区分开来(Shao 等,2014),采用这种“以全概偏”的研究思路所得到的测算结果自然在一定程度上是存在偏误的。而 Shao 等(2014)则发现周勇和林源源(2007)等的测算模型存在一些逻辑错误,并重新推导构建了一个修正的测算模型,进而采用能够在一定程度上解决上述问题的、基于时变参数状态空间模型的隐性变量法对整体经济回弹效应进行了更为精确的测算,结果显示以往研究在大部分情况下会低估回弹效应。

与先前研究不同,国涓等(2010)基于替代效应的思想,利用超越对数成本函数,在考虑非对称能源价格影响的条件下,构建联立方程并采用似无相关回归方法,对我国工业部门的回弹效应进行了测算。由于他们利用能源价格弹性来表征能源效率的改进并对非对称能源价格因素予以控制,因此其研究结果在稳健性方面较之前的研究有明显提高。邵帅等(2013)则基于内生增长理论框架首次提出了能源回弹效应的理论模型,并在其基础上利用状态空间模型在生产函数规模报酬递增和要素产出弹性可变的合理假设下,对我国的整体经济回弹效应进行了更为准确的测算,在理论机制和测算思路均进行了有益尝试。张江山和张旭昆(2014)沿袭了邵帅等(2013)的测算思路。与上述文献采用计量分析方法不同,

查冬兰和周德群(2010)、胡秋阳(2014)尝试采用 CGE 模型对我国宏观经济层面的回弹效应进行测算。但由于在数据年份、部门划分及能源效率基准值选取等方面存在差异,二者的研究结果相差较大(见表 5)。

表 5 国内能源回弹效应的代表性经验研究

文献	思路	方法	数据样本	时期跨度	回弹效应(%)
周勇和林源源(2007)	索洛余值法,利用 TFP 度量技术进步	岭回归	全国整体	1978—2004 年	30—80
刘源远和刘凤朝(2008)	同周勇和林源源(2007)	GLS	28 个省区的面板数据	1985—2005 年	平均 53.68
王群伟和周德群(2008)	在周勇和林源源(2007)基础上考虑技术效应	LMDI、OLS	全国整体	1981—2004 年	平均 62.8
国涓等(2010)	考虑非对称能源价格的影响并测算 Morishima 要素替代弹性	联立方程、SUR	工业部门	1978—2007 年	39.48
查冬兰和周德群(2010)	对能源效率提高 4% 的经济影响进行模拟	CGE 模型	全国整体(7 个生产部门)	2002 年	煤炭 32.17、 石油 33.06、 电力 32.28
冯烽和叶阿忠(2012)	在周勇和林源源(2007)基础上考虑空间技术溢出效应	空间误差模型	29 个省区的面板数据	1995—2010 年	—8.5—62.48
邵帅等(2013)	规模报酬递增和要素产出弹性可变	状态空间模型	全国整体	1954—2010 年	改革开放后 短期 27.39、 长期 81.20
胡秋阳(2014)①	高能耗和低耗能产业能效分别提高 10% 的比较分析	CGE 模型	全国整体	2007 年	总体能耗及 能耗强度均 大幅度下降
张江山和张旭昆(2014)	同邵帅等(2013)	固定效应模型	28 个省区的面板数据	1987—2012 年	85.89

注:GLS、LMDI、OLS 和 SUR 分别表示广义最小二乘法、对数平均迪式指数法、最小二乘法和似无相关回归。

六、如何限制能源回弹效应

(一)通过价格手段进行调控。Birol 和 Keppler(2000)研究认为,技术进步无疑是降低能源强度和提高能源效率的有效手段,但同时也会因为刺激经济增长而产生回弹效应,因此,充分利用价格手段对能源与其他要素的替代性进行调节,促使消费者更多地选择其他要素,才能真正达到节能的目的。同时,他们还提出要想在保持经济增长的同时降低能源消费,就必须将价格政策与技术进步政策进行有机的结合。政府的作用应该是通过及时提供市场信息和建立责任体系等措施,在保证市场价格能够充分反映生产成本的同时,使市场交易成本降低。而且,政府应该通过适当的约束性政策为竞争性市场的正常运行提供保障,确保市场价格公开透明,使其结构性条件的变化能够迅速发挥作用,所采用的新技术也能够快速地扩散。在促进能源技术改进方面,政府在制定相关政策时要遵循对个人努力的挤出效应尽可能小的原则,并力求使正向的技术溢出效应实现最大化。上述观点也得到了一些学者的支持。Sorrell(2009)指出,各国政府在制定气候政策时应该更加重视考虑回弹效应,尤其要确保他们的重点不完全局限于能源效率措施。目前我们对回弹效应的最新理解,更突显了基于价格的措施对直接控制碳排放的有效性(Sorrell 和 Dimitropoulos,2008)。但是,也有学者指出,仅简单地提高能源价格还不足以完全达到目标,建立一种分阶段实施并考虑不同收入群体的合理的能源价格体系才是更为明智的选择(Ouyang 等,2010)。

(二)通过征税提高能源使用成本。相关研究表明,技术本身不能完全解决气候变化难题。任何相关政策都不能仅停留在技术层面的部署,还需要包括税收和监管上的策略性部署。在相对价格保持不变的情况下,单纯通过技术进步手段来实现 GDP 和能源消费之间的脱钩是很困难的。由于越来越多的技术创新行为降低了能源服务的有效成本,如果不

①这篇文献的结果事实上只是能效变动后总体能源消费的变动结果,而不是能效变动所引起的实际节能量与理论界能量的关系,因此其结果并不能真实反映能源回弹效应的大小。

通过碳税和能源税等手段对其使用成本进行调节的话,那么想要使 GDP 脱钩于能源消费将变得越来越困难(Birol 和 Keppler,2000)。沿袭上述观点 Weizsäcker 等(2009)提出,克服回弹效应的一个有效方法就是不断地提高能源使用成本,其主要目的是使能源消费与可持续的能源供应达到平衡状态,即通过征收环境税、能源税和碳税等生态税来提高能源价格及消费成本,使消费者逐渐意识到节约能源的真正含义——“知足常乐”。征税具有明显抑制能源消费的作用,与通过碳排放交易体系而达到的碳减排效果相比,生态税的减排效果更加令人瞩目。Brannlund 等(2007)也认为提高能源税或碳税税率有助于限制回弹效应。但同时也有研究显示,增加碳税收入本身也可能因政府的相关支出行为而具有引起回弹效应的潜在可能(Murray,2009),因此,我们需要谨慎对待这一政策思路。Murray(2009)指出回弹效应应该成为制订环境政策需要考虑的重要因素,而且环境税(碳税)收入的支出选择对回弹效应的限制效果具有重要的影响。如果采取降低收入税或其他消费税的政策措施,那么碳税的环境效应就会被部分抵消。要想使税收政策达到最理想的综合效果,就必须使整体税收政策足以鼓励经济发展朝着远离化石能源消费的方向转变。如果将增加的税收收入用于碳减排,那么就可能使回弹效应得到缓解。

(三)改变人类的消费观念和消费行为。Moezzi(1998)提出在降低能耗方面,过度依赖技术的解决方案并非正确选择,而真正需要转变的是人类的消费观念和消费行为。她提倡在制定能源标准时,应强调更多地采用能源消费绝对量,而不是相对量。她认为能源政策的制定标准和方针本身应该揭示出商品及其可能的去向等方面的道德和技术判断准则。在评价任何有关节能或能效的特定标准、方针或其他信息时,不单要考虑狭义上的节能,更关键的是还要考虑其中所传达的潜在信息,以及这些信息如何在短期和长期内对人们在效率和消费的观念认识上所产生的影响。只有选择能够描述能源消费的绝对量而不是相对量的政策,才可能借此引导人们在能源使用的观念意识及实际行动上真正发生转变。Polimeni 和 Polimeni(2006)也指出技术并非解决世界能源需求问题的理想途径,由于消费行为的改变通常可以促使生产方式发生相应的变化,因此通过改变人类的消费习惯来推动能源消费行为随之转变,应该成为解决回弹效应问题的关键所在。Ouyang 等(2010)提供了进一步的讨论。他们认为消费者可能从能源效率改进中获得很多利益而使其生活方式得到改善,他们可以将节省出来的劳作时间更多地用于闲暇,并致力于使其家庭室内环境变得更加舒适和健康。一旦这些额外的需求有所减少,那么回弹效应就会在一定程度上得到缓解。因此,限制回弹效应的可行途径之一,就是引导消费行为朝着可持续性的生活方式转变。这就需要向消费者准确发布能源消费和环境影响的相关信息,来激励人们能够更加理性地对待能源消费,使其消费行为更具环境可持续性。

(四)发展可再生能源对不可再生能源进行替代。Weizsäcker 等(2009)指出如果人们能够大量利用可再生能源,并且循环利用水及其他资源,那么不但回弹效应可以得到有效控制,经济发展也能够摆脱生态破坏的梦魇。Ouyang 等(2010)对此进行了更为深入的讨论,他们认为一旦可再生能源在家庭能源总消费中达到较大的比重,那么回弹效应对能源需求和能源安全带来的负面效应就会极大地削弱。因此,发展可再生能源对不可再生能源进行部分替代,可以成为抑制微观家庭层面回弹效应的一个有效途径。但是,可再生能源的开发和利用往往需要付出较高的成本,而目前不可再生能源的价格却相对较低,这就决定了可再生能源投资计划难以在实践中通过市场经济机制得以实现。因此,可再生能源的投资和开发往往需要政府通过行政手段进行干预。

(五)建立基金为后代预付当前的能源消耗损失。Weizsäcker 等(2009)提出建立所谓的“保障未来幸福投资基金”,为后代预付当前消耗能源所造成的损失。挪威对此已经进行了尝试。在发现北海海底油田储量仅够开采几十年后,挪威建立了一个被称为“政府退休基金”的石油基金。目前已有 30 多个国家的政府持有该基金的股票,总市值达到 1600 亿欧元。对不再有机会获取石油收益的后代来说,这是一笔保障性资金。不过,由于该基金的规模过于庞大,很快就受到了外界的抨击。有人担心挪威政府可能会为了自己的利益而对资本市场加以干预,因此强烈要求该基金账户要有一定的透明度,并且重大决策必须征求国际社会的意见。即便在挪威国内,各界的批评也不绝于耳。毕竟不管是为了健康、教育还是养老,总有人喜欢把钱花在今朝而不是明天,这是无可厚非的。不过大多数民众还是对这项为未来做准备的基金予以支持。显然,这一政策思路存在着较大的管理成本和管理风险,仅适用于少数特定政治经济环境的国家,而很难在世界范围内广泛实施。

还有学者认为单一的政策措施很难达到理想的效果,因此主张采取多种措施相互协调的政策组合来对回弹效应加以限制。如 Sorrell(2007b)提出以能源或(和)碳排放定价机制为核心的组合政策措施来应对回弹效应。他认为合理的能源或(和)碳排放的定价机制能够在能源效率提高时,通过使能源服务的成本维持在一个相对稳定的水平,从而达到控制直接和间接回弹效应的目的。

七、总结性评论

综观能源回弹效应研究的演进与发展历程,不难发现这是一个充满争议的研究领域。虽然无论在微观还是宏观经济层面,由于回弹效应的客观存在,能源效率提高的预期节能效果很难完全实现的观点已被广泛接受,但对该研究领域的统一性认识也几乎仅限于此。从回弹效应的大小和影响程度,到回弹效应的理论机制,再到其实证测算的方法与结果,乃至相关的限制政策思路,无不充斥着各种争论与分歧。而这些学术争鸣也恰恰在很大程度上促进了回弹效应研究的快速发展,加之回弹效应对能源政策的有效性评估与合理化调整具有重要的参考价值,这些因素的共同推动使其成为了 21 世纪能源经济学领域的一个热点议题和重要研究方向。通过对相关研究的回顾,我们有幸领略到了这座山峰的峻秀与险远,也感叹于诸多理论和经验基石的玄妙与精巧,但同时也触摸到了缭绕其中的迷雾与波澜。我们将现有研究的主要得失及可扩展的研究方向简要总结如下。

第一,不够统一和明晰的含义界定及其所带来的预期节能效果度量方法的不一致,是导致学界对回弹效应的大小和影响程度存在分歧,以及实证测算结果存在较大差异的主要原因。在从宏观经济角度对回弹效应含义的界定方面,尽管界定思路较为统一,但由于不同研究者采用了不同的生产或成本函数设定形式,导致其具体表现形式和测算结果存在一定的差异。相对而言,学界对回弹效应的微观经济含义界定则更为混乱,涉及价格弹性、能源效率成本、能源效率的内生性和时间成本等诸多因素。对这些不同界定方式的选择、微观数据样本的可得性和准确性,以及所运用测算方法的合理性,均直接影响着微观经济层面实证分析结果的稳健性。第二,在理论机制研究方面,虽然以 Greening 等(2000)为代表的理论探讨以 Khazzoom(1980)的微观经济层面的回弹效应思想为出发点,而以 Saunders 等人为代表的理论阐释则是以 Brookes 的宏观经济层面的回弹效应思想为基础,二者遵循着不同的研究范式,前者以机理概念模型为主要研究工具,后者侧重于构建规范的数理经济模型,但实际上,二者均努力从总体均衡的角度去尝试对回弹效应提出更加一般化的解释。只不过

由于理论模型的限定,Saunders 等人研究的情形更加抽象,而 Greening 等人对整体经济回弹效应的机理解释还不够深入,仍需要进一步澄清和深化,这也同样是目前新古典增长框架下相关理论探索所追求的一个研究方向,即如何利用抽象的经济模型在总体均衡条件下,对包含众多交叉性影响因素的复杂经济系统中回弹效应的作用机制进行更为一般化的阐释。从这个角度来看,在新古典增长理论框架下与在新古典微观经济学理论框架下分别开展的理论研究,殊途同归于对宏观经济层面回弹效应的探讨。^① 第三,新古典增长理论框架下的回弹效应理论研究无疑免不了受限于其理论本身固有的局限。其中最大的局限来自技术外生的假设,这将导致其稳态增长率外生化,从而无法明晰技术进步的实际增长速度和演化过程,使得基于新古典增长理论的现有研究在现实解释力上具有明显缺陷。而近年来发展起来的将能源和环境因素考虑在内的内生增长理论的最新相关研究成果,对经济增长的内在机制提出了更加深刻的解释,无疑可为弥补这一不足提供合理的借鉴。然而,目前还鲜见在内生增长框架下对回弹效应所开展的理论探讨,这也理所当然地应该成为未来研究的一个重要扩展方向。第四,现有经验研究也同样存在上述问题,即大多假定技术进步与能源效率的获得是外生的,而对现实经济中必要的能源效率成本忽略不计。但由于能源效率的提高往往伴随着其他要素生产效率的变化,并且不仅能源效率的提高会引致能源消费需求的增加,同时能源消费需求的增加也可能推动对新能源技术需求的增加,虽然有少数研究通过对相关计量方法的应用在一定程度上实现了对潜在内生性的控制,也有少数文献考虑了能源效率的成本因素,但大部分现有文献均未考虑上述双向效应所引起的潜在内生性问题,从而直接削弱了其测算结果的稳健性。因此,对潜在的内生性问题进行控制,并对能源效率成本予以考虑,应该成为后续经验研究的一个必要改进方向。第五,另一个值得进一步探究的经验研究方向是检验不同收入条件下回弹效应的差异。在微观经济层面,一些文献的研究结果已经初步显示了直接回弹效应随收入水平提高和价格敏感性下降而趋于降低的经验证据(Milne 和 Boardman, 2000)。在国家层面,发达国家可能存在明显的“饱和”效应(Howarth, 1997),而发展中国家的边际消费群体规模更大,所以后者可能具有更大的回弹空间。但这一推断尚待通过进一步的比较经验研究加以验证。第六,尽管我们不能因噎废食地寄希望于通过限制能源效率改进的方式来解决回弹效应问题,但现有研究对如何有效削弱回弹效应尚未提供行之有效的办法,所提出的一些政策措施大多在一定程度上缺乏可操作性,而现实世界中的相关成功案例较少,可借鉴的经验不多。但毋庸置疑的是,由于涉及众多复杂的因素,对回弹效应的有效抑制,必然需要借助多管齐下的政策组合措施才可能达到经济发展与节能减排“双赢”的预期效果。

主要参考文献:

- [1] 冯烽,叶阿忠. 技术溢出视角下技术进步对能源消费的回弹效应研究——基于空间面板数据模型[J]. 财经研究, 2012, (9): 123—133.
- [3] 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.
- [3] 邵帅,杨莉莉,黄涛. 能源回弹效应的理论模型与中国经验[J]. 经济研究, 2013, (2): 96—109.
- [4] 张江山,张旭昆. 技术进步、能源效率与回弹效应——来自中国省际面板数据的经验测算[J]. 山西财经大学学报, 2014, (11): 50—59.
- [5] Greene D L. Rebound 2007: Analysis of U S light-duty vehicle travel statistics[J]. Energy Policy, 2012,

^①需要强调的是这种“趋同”是指二者存在着目标较为一致的可拓展研究方向。

- 41(1):14—28.
- [6]Lin B Q,Liu X. Dilemma between economic development and energy conservation: Energy rebound effect in China[J]. Energy, 2012, 45(1):867—873.
- [7]Madlener R,Hauertmann M. Rebound effects in german residential heating: Do ownership and income Matter? [R].FCN Working Paper No. 2/2011, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, 2011.
- [8]Matos J F,Silva J F. The rebound effect on road freight transport: Empirical evidence from Portugal[J]. Energy Policy, 2011, 39(5):2833—2841.
- [9]Saunders H. A view from the macro-side: Rebound, backfire and Khazzoom-Brookes[J]. Energy Policy, 2000a, 28(6—7):439—449.
- [10]Saunders H. Does predicted rebound depend on distinguishing between energy and energy services? [J]. Energy Policy, 2000b, 28(6—7):497—500.
- [11]Shao S, Huang T,Yang L. Using latent variable approach to estimate China's economy-wide energy rebound effect over 1954—2010[J]. Energy Policy, 2014, 72:235—248.
- [12]Sorrell S. UKERC review of evidence for the rebound effect (supplementary note: Graphical illustrations of rebound effects)[R]. UK Energy Research Center Working Paper, London, 2007a.
- [13]Sorrell S.The rebound effect:An assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency[R]. UK Energy Research Centre Working Paper, London, 2007b.

Theoretical Evolution and Empirical Evidence of Energy Rebound Effect: A Literature Review

Yang Lili¹, Shao Shuai²

(1.School of International Economics and Trade, Shanghai Finance University, Shanghai 201209, China; 2.Institute of Finance and Economics Research, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

Abstract: Based on development context and logic relationship of energy rebound effect literature, this paper systematically summarizes the research achievements of theoretical evolution and empirical evidence about energy rebound effect at home and abroad through four aspects: proposal & definition, theoretical mechanisms, evidence and mitigation policy. It arrives at the results as follows: firstly, from the perspective of research framework, the theoretical discussion from the perspectives of neoclassical growth theory and neoclassical economic theory is converging to the research of rebound effect at macro-economic level as for their own extended research directions; secondly, the main limitations of current research, especially theoretical research, lie in no enough attention paid to the endogenous process of energy efficiency, which restricts its theoretical and practical explanation power to a large extent; thirdly, the policy mix should be adopted to effectively mitigate the rebound effect.

Key words: rebound effect; energy efficiency; backfire effect; mitigation policy

(责任编辑 许 柏)