

doi :10.3969/j.issn.1005-3026.2016.07.031

# 辽宁省能源回弹效应测算分析

韩颖,刘庆,白宝鑫,石建华  
( 东北大学 工商管理学院,辽宁 沈阳 110819 )

**摘 要:** 分别运用索洛余值法( C - D 法 )和 DEA - Malmquist 生产率指数法构建能源回弹效应的测算模型,测算辽宁省 1986 ~ 2014 年的能源回弹效应. 结果表明,辽宁省存在比较明显的回弹效应并呈上升趋势. 说明不能只注意技术进步提高能源效率,而忽视回弹效应,要将技术进步与产业结构调整、能源价格改革和市场调节等手段相结合,推进辽宁省节能减排目标的实现.

**关 键 词:** 能源回弹效应;索洛余值法;DEA - Malmquist 指数法;TFP 指数;技术进步贡献率

**中图分类号:** F 206      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005 - 3026( 2016 )07 - 1061 - 04

## Analysis of Energy Rebound Effect Measurement of Liaoning Province

HAN Ying ,LIU Qing ,BAI Bao-xin ,SHI Jian-hua  
( School of Business Administration ,Northeastern University ,Shenyang 110819 ,China. Corresponding author : LIU Qing ,E-mail :LQ151599@126.com )

**Abstract :** Both Solow residual method and DEA-Malmquist index method were used to build the calculation models which aim at calculating the energy rebound effect of Liaoning Province from 1986 to 2014. The results showed that the rebound effect of Liaoning Province is significant with an upward trend , which indicates that attention can 't be merely paid to improving energy efficiency and the rebound effect can 't be ignored. It was suggested that technological progress should be combined with industrial structure adjustment , energy price reform and market regulation so as to achieve energy conservation and emission reduction goals.

**Key words :** energy rebound effect ;Solow residual method ;DEA-Malmquist index ;TFP index ; contribution rate of technological progress

能源与经济发展关系密切.在调整经济结构、转变发展方式的关键期,作为我国老工业基地之一的辽宁省,能源的作用不容忽视.辽宁省的能源呈现能源使用效率(以下简称能源效率)、能源消费总量双增长的态势.从 1985 ~ 2014 年,辽宁省的能源效率由 1985 年的每吨标准煤 0.06 亿元上升到 2014 年的 0.31 亿元,年均上升率为 5.7%,而能源消费(标准煤)从 1985 年的 6 325.1 万吨上升到 2014 年的 20 585.67 万吨,年均增长率达 4.3%.

上述现象说明,辽宁省能源效率与能源消费总量同向增长明显,即存在能源回弹.能源回弹的存在不仅意味着能源消耗增加对环境危害加重,也意味着国家降低能源消耗的有关政策实施效果大打折扣.为了辽宁省的经济持续稳定发展,达到真正意义上的降低能源消耗,了解并测算辽宁省能源回弹效应十分必要.

回弹现象最早由 Jevons 指出:“能源效率提高,能源消费不降反增”<sup>[1]</sup>,该论断后被称“杰文斯悖论”.Saunders 给出回弹效应概念:“技术进步使能源效率提高,导致能源节约,但因技术进步促进经济增长,导致对能源的新需求,而部分(或完全)抵消节约的能源”<sup>[2]</sup>.

国内外的能源回弹效应测算主要对象有国家、区域(省或市)、产业或行业 3 个层面<sup>[3-13]</sup>.测算方法主要有:C - D、DEA、CGE、IPAD、IPAT、LMDI、PANEL、MES、AIDS 等.其中 C - D 和

DEA 因其所需要的数据比较容易获得 , 而成为测算能源回弹效应的常用方法.

能源回弹效应测算结果说明 , 存在能源回弹效应 , 但在不同国家( 或地区 )、不同产业、不同时期能源回弹效应不同. 地区能源回弹效应是较重要的一类测算对象 , 但没有直接对辽宁省能源回弹效应测算的成果 ; 能源回弹效应测算通常用 C - D 和 DEA 两种方法 , 但大多数文献仅采用一种方法测算能源回弹效应 , 未作比较分析.

不同测算方法在一定程度上都会存在一定的误差 , 导致测算结果存在差异 , 而且目前尚无直接测算辽宁省能源回弹效应的研究 , 无法同其他研究成果进行比较. 本文选取 C - D 方法和 DEA 方法 , 测算并比较辽宁省能源回弹效应 , 较以往使用一种方法进行测算 , 结果更可靠.

## 1 辽宁省能源回弹效应测算

定义回弹效应为回弹量与理论节能量之比<sup>[9]</sup> , 测算辽宁省能源回弹效应( 以下简称回弹效应 ).

### 1.1 C - D 方法测算回弹效应

C - D 方法测算回弹效应步骤 : 构建测算模型( 以下称 C - D 方法测算回弹模型为 LNSLR 模型 ) , 估计 LNSLR 模型参数 , 计算回弹效应.

#### 1.1.1 LNSLR 模型构建

假设  $Y$  为实际总产出( 亿元 ) ;  $E$  为能源消费总量( 万吨标准煤 ) ;  $EI$  为能源消费强度 ,  $EI = E/Y$  ( 万吨标准煤/亿元 ) ;  $\sigma$  为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  $t$  年的能源消费量为  $E_t = Y_t \times EI_t$  , 在  $t + 1$  年的经济生产活动中 , 由于技术进步 , 使得能源强度下降 , 则由于技术进步导致能源强度下降而节约的能量为

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

但是 , 技术进步除了导致能源强度的下降外 , 也带来了经济的增长 , 则  $t + 1$  年由技术进步产生的经济扩张导致能源的新需求量为

$$\sigma_{t+1} \times (Y_{t+1} - Y_t) \times EI_{t+1}. \tag{2}$$

因此 ,  $t + 1$  年回弹效应为

$$RE_{t+1} = \frac{\sigma_{t+1} \times (Y_{t+1} - Y_t) \times EI_{t+1}}{Y_{t+1} \times (EI_t - EI_{t+1})}. \tag{3}$$

为求  $RE_{t+1}$  的值 , 需估计  $\sigma$ .

设辽宁省的总量生产函数为

$$Y_t = Ae^{\lambda t} K_t^\alpha L_t^\beta E_t^\gamma. \tag{4}$$

式中 :  $Y_t$  ,  $K_t$  ,  $L_t$  ,  $E_t$  分别表示第  $t$  年辽宁省的产出、资本、劳动和能源 ;  $\alpha$  ,  $\beta$  ,  $\gamma$  分别代表资本、劳动和能源的产出弹性.

对式( 4 )两边取对数得到

$$\ln Y_t = \ln A + \lambda t + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t + \gamma \ln E_t. \tag{5}$$

对式( 5 )求全微分得

$$\frac{dY_t}{Y_t} = \frac{dA}{A} + \lambda + \alpha \frac{dK_t}{K_t} + \beta \frac{dL_t}{L_t} + \gamma \frac{dE_t}{E_t}. \tag{6}$$

$$\sigma = \frac{G_Y - \alpha G_K - \beta G_L - \gamma G_E}{G_Y}. \tag{7}$$

式中 :  $G_Y$  ,  $G_K$  ,  $G_L$  ,  $G_E$  分别表示产出、资本、劳动和能源的增长率.

#### 1.1.2 LNSLR 模型参数估计及回弹效应计算

采用 1985 ~ 2014 年的统计资料. 这里 ,  $L$  表示就业人数 ,  $E$  为能源消费量 ,  $Y$  为可比价格的 GDP ,  $K$  为资本存量 ;  $L$  ,  $E$  ,  $Y$  均来源于《辽宁省统计年鉴》 ;  $K$  为改进后的永续盘存法的估算结果. 在时间序列分析中 , 需检验数据的平稳性 , 结果见表 1.

表 1 单位根检验结果					
Table 1 The results of unit roots test					
变量	ADF 统计量	1% 临界值	5% 临界值	10% 临界值	平稳性
$\ln Y$	-1.882	-3.724	-2.986	-2.633	不平稳
$\ln K$	-0.043	-3.700	-2.976	-2.627	不平稳
$\ln L$	-1.222	-3.690	-2.972	-2.625	不平稳
$\ln E$	-0.028	-3.689	-2.972	-2.625	不平稳
$\Delta \ln Y$	-3.829	-3.700	-2.976	-2.627	平稳
$\Delta \ln K$	-4.150	-4.340	-3.588	-3.230	平稳
$\Delta \ln L$	-5.062	-4.394	-3.612	-3.243	平稳
$\Delta \ln E$	-5.920	-4.356	-3.595	-3.233	平稳

注 :  $\Delta$  表示一阶差分.

由表 1 可知 , 所有变量在取对数后均不平稳 , 但一阶差分后均平稳. 皮尔森相关性检验( 检验结果略去 ) 表明 : 各变量间存在比较严重的多重共线性. 若用 OLS 估计参数 , 会导致伪回归 , 故用岭回归估计参数 , 估计结果见表 2.

表 2 岭回归系数估计结果				
Table 2 The estimation result of Ridge regression				
变量	回归系数	标准误差	t 统计量	显著性 T 检验
$\ln K$	0.358	0.005	25.938	0.000
$\ln L$	0.273	0.146	17.711	0.000
$\ln E$	0.310	0.006	19.432	0.000

注 :  $R^2 = 0.988$  ,  $\bar{R}^2 = 0.987$  ,  $F$  统计量 = 698.260 ( Sig = 0.000 ).

由表 2 可知,岭回归方法效果良好, $\alpha = 0.358$   $\beta = 0.273$   $\gamma = 0.310$ .

用 LNSLR 模型被估参数结果及相关数据,根据式(7)计算  $\sigma$ ,然后根据式(1)~式(3)计算回弹效应,测算结果见表 3.

1.2 DEA 方法测算回弹效应

DEA 方法测算回弹效应步骤:构建测算模型(以下称 DEA 方法测算回弹模型为 LNMR 模型);用 LNMR 模型结果计算有关指数,计算回弹效应.

1.2.1 LNMR 模型构建

将辽宁省每年作为一个决策单元,GDP 作为产出,资本、劳动和能源作为投入,估算辽宁省的 Malmquist 生产率指数.

若全要素生产率用 TFP 表示,全要素生产率增长率用 GTFP 表示, $TFP_{t+1}/TFP_t$  为 TFP 指数,则

$$GTFP = \frac{TFP_{t+1} - TFP_t}{TFP_t} \quad (8)$$

$$GTFP = TFP \text{ 指数} - 1, \quad (9)$$

$$\sigma = GTFP/G_Y \times 100\% \quad (10)$$

1.2.2 TFP 指数及回弹效应计算

使用 DEAP2.1 软件,计算辽宁省 1986 ~ 2014 年的 TFP 指数.通过式(9),式(10)计算  $\sigma$ ;用式(1)~式(3)计算回弹效应,结果见表 3.

2 分析与讨论

1992 ~ 2013 年测算结果见图 1.从图 1 可以看出,两种方法测算的回弹效应均处在不断波动的变化中,C-D 法测算结果的回弹效应普遍高于 DEA 法测算结果的回弹效应.两种方法测得的回弹效应在 2005 年和 2013 年差距较小,在 2003 年差距较大,其余各年份的数值大致接近.按时间段划分,1992 ~ 2002 年,两种方法测算的回弹效应比较小,大多数年份回弹效应低于 100%,且变动相对平稳;2003 ~ 2013 年,两种方法测算的回弹效应的波动较大,且回弹效应有所上升.总体上看,两种测算结果的变动趋势大致相同,且近年来回弹效应波动较大,也有所上升.

目前由于变量选择、数据处理的差异以及测算方法本身存在的误差,测算结果有时并不一致.但两种方法测算的回弹效应大致吻合,两种方法的结果互相得到了验证.由此可以认为辽宁省确实存在能源回弹效应,而且近年来有所上升.

表 3 1986 ~ 2014 年辽宁省历年 TFP 指数及回弹效应测算结果  
Table 3 1986 - 2014 TFP Index and rebound effect calculation results of Liaoning Province

年份	TFP 指数	回弹效应/%		
		C - D 法	DEA 法	平均值
1986	1.046	62.85	55.16	59.01
1987	1.088	74.11	29.17	51.64
1988	1.061	94.38	37.08	65.73
1989	0.990	-	-	-
1990	0.971	177.47	126.59	152.03
1991	1.020	47.70	87.99	67.85
1992	1.082	64.60	43.34	53.97
1993	1.031	-	-	-
1994	1.058	99.71	46.64	73.17
1995	1.025	61.42	57.35	59.38
1996	1.049	66.87	26.34	46.60
1997	1.074	65.99	18.90	42.45
1998	1.070	55.05	2.82	28.93
1999	1.051	61.94	19.90	40.92
2000	1.018	-	-	-
2001	1.047	106.40	66.14	86.27
2002	1.063	63.50	13.27	38.39
2003	1.052	421.21	116.38	268.80
2004	1.023	73.04	69.20	71.12
2005	1.021	39.24	1.94	20.59
2006	1.040	92.90	47.83	70.37
2007	1.078	159.83	82.85	121.34
2008	1.063	99.17	22.01	60.59
2009	1.047	87.91	24.92	56.42
2010	1.064	118.16	31.49	74.82
2011	1.044	106.94	45.76	76.35
2012	1.022	55.22	35.20	45.21
2013	1.063	26.82	22.28	24.55
2014	0.987	-	-	-

注:平均值是同年 C - D 法的测算结果与 DEA 法的测算结果的平均;“-”处为负数,表示因能源效率没有提高或因无技术进步而未形成回弹效应.

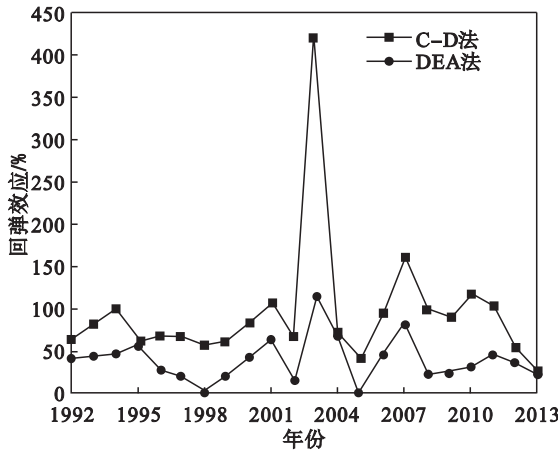


图 1 1992 ~ 2013 年回弹效应测算结果  
Fig. 1 1992 - 2013 rebound effect calculation results

### 3 结 语

通过对辽宁省能源回弹效应测算 ,表明辽宁省确实存在明显的能源回弹 ,而且近年来有所上升 . 由于存在能源回弹效应 ,技术进步并不一定能够降低能源消费 ,更不能当作实现节能减排的唯一手段 .

对辽宁省降低能源消费提出以下建议 :  
1 ) 从能源回弹测算结果看 ,虽然存在回弹效应 ,但技术进步提高能源效率政策还是有效的 . 因此 ,节能减排工作仍然需要能源技术进步政策 .

2 ) 技术进步和产业结构调整要同步进行 . 通过产业结构调整 ,加快经济结构节能化进程 ,从而有效实现能源消耗和能源强度同步降低 .

3 ) 技术进步与能源价格改革同步进行 . 能源服务的终端消费者对能源的价格需求弹性较大 ,能源价格低 ,导致能源需求增长过快 ,技术进步所带来的节能效果被严重抵消 ,因此进行相应的能源价格改革 ,提高能源价格就可以减弱回弹效应 .

#### 参考文献 :

[ 1 ] Jevons W S. The coal question[ M ]. London :Macmillan and Company ,1866.

[ 2 ] Sanders H D. The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth[ J ]. *The Energy Journal* ,1992 ,13( 4 ) : 131 - 148.

[ 3 ] Wheaton W C. The long-run structure of transportation and gasoline demand[ J ]. *The Bell Journal of Economics* ,1982 , 13( 2 ) :439 - 454.

[ 4 ] Schwarz P M ,Taylor T N. Cold hands ,warm hearth climate , net takeback , and household comfort [ J ]. *The Energy Journal* ,1995 ,16( 1 ) :41 - 54.

[ 5 ] Nesbakken R. Energy consumption for space heating : a

discrete-continuous approach[ J ]. *Scandinavian Journal of Economics* 2001 ,103( 1 ) :165 - 184.

[ 6 ] Bentzen J. Estimating the rebound effect in US manufacturing energy consumption[ J ]. *Energy Economics* ,2004( 26 ) : 123 - 134.

[ 7 ] Barker T ,Ekins P ,Foxon T. The macro-economic rebound effect and the UK economy[ J ]. *Energy Policy* ,2007 ,35 ( 10 ) :4935 - 4946.

[ 8 ] Greene D L ,Kahn J R ,Gibson R C. Fuel economy rebound effect for U. S. household vehicles[ J ]. *The Energy Journal* , 1999 20( 3 ) :1 - 31.

[ 9 ] Roy J. Rebound effect :some empirical evidence from India [ J ]. *Energy Policy* 2000 28( 6/7 ) :433 - 438.

[ 10 ] 王群伟 ,周德群. 中国全要素能源效率变动的实证研究 [ J ]. 系统工程 2008( 7 ) :75 - 79.  
( Wang Qun-wei ,Zhou De-qun. An empirical study on the change of total factor energy efficiency in China[ J ]. *Systems Engineering* 2008( 7 ) :75 - 79. )

[ 11 ] 陈燕. 能源回弹效应的实证分析——以湖北省数据为例 [ J ]. 经济问题 2011( 2 ) :126 - 129.  
( Chen Yan. Empirically research on the energy rebound effect—taking the Hubei province data for example[ J ]. *On Economic Problems* 2011( 2 ) :126 - 129. )

[ 12 ] 国涓 ,凌煜 ,郭崇慧. 中国工业部门能源消费反弹效应的估算——基于技术进步视角的实证研究[ J ]. 资源科学 , 2010 32( 10 ) :1839 - 1844.  
( Guo Juan ,Ling Yu ,Guo Chong-hui. Estimating the rebound effect of energy consumption of industrial sectors in China based on the perspective of technological advancement[ J ]. *Resources Science* 2010 32( 10 ) :1839 - 1844. )

[ 13 ] 陈凯 ,史红亮 ,闫波. 技术进步对能源消费回弹效应的影响——基于中国钢铁行业实证研究[ J ]. 工业技术经济 , 2011( 4 ) :24 - 30.  
( Chen Kai ,Shi Hong-liang ,Yan Bo. Rebound effect of energy consumption due to technological progress—empirical test for Chinese steel sector[ J ]. *Journal of Industrial Technological Economics* 2011( 4 ) :24 - 30. )