

文章编号:2095-6134(2016)02-0162-08

中国煤炭消费增长影响因素的多层次指数分解^{*}

董洁芳^{1,2,3}, 王 强^{2†}, 张小雷^{1,2}, 王兴民^{2,3}
(1 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830011; 2 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011;
3 中国科学院大学, 北京 100049)
(2015 年 9 月 16 日收稿; 2015 年 10 月 30 日收修改稿)

Dong J F, Wang Q, Zhang X L, et al. Multilevel LMDI decomposition of changes in aggregate coal consumption in China[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2016, 33(2):162-169.

摘 要 深入分析中国煤炭消费增长的影响因素对制定节能减排政策意义重大. 在微观、中观和宏观区域层次上利用 LMDI 法将中国煤炭消费总量变动的影响因素分解为经济效应、结构效应和强度效应. 对 3 种效应在不同区域层次上的稳健性进行检验. 结果显示, 经济增长驱动煤炭消费, 强度效应抑制煤炭消费, 结构效应影响较弱; 区域越宏观, 结构效应的抑制作用微弱增强, 强度效应的抑制作用则减弱; 从绝对数值来讲, 乘法分解的结果在不同区域层次上具有较好的稳健性.

关键词 煤炭消费; 多层次指数分解; LMDI; 乘法分解

中图分类号: F224.9 **文献标志码:** A **doi:**10. 7523/j. issn. 2095-6134. 2016. 02. 004

Multilevel LMDI decomposition of changes in aggregate coal consumption in China

DONG Jiefang^{1,2,3}, WANG Qiang², ZHANG Xiaolei^{1,2}, WANG Xingmin^{2,3}
(1 College of Resource and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830011, China; 2 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Analysis of the influencing factors on China's coal consumption is important for making the energy-saving and emission-reduction policies. The influence factors are decomposed into economic effect, structural effect, and intensity effect by using LMDI at the micro, meso, and macro levels, respectively. The robustness of the three effects is tested. Results show that the economic growth increased the coal consumption but the energy intensity decreased the consumption. The results of multiplicative decomposition show good robustness at different regional levels.

Key words coal consumption; multilevel decomposition; LMDI; multiplicative decomposition

煤炭是中国的主体能源和重要工业原料. 煤炭消费是影响大气环境质量的主要因素. 全国烟粉尘排放的 70%, 二氧化硫排放的 85%, 氮氧化物排放的 67% 都源于以煤炭为主的化石能源燃

^{*} 中国科学院生态与地理研究所所长基金(Y475061001)资助
[†] 通信作者, E-mail: qiangwang7@outlook.com

烧^①。尽管煤炭的消费带来了环境污染、水质破坏以及地质灾害等不良后果,但其在短期内仍将是中国的主要能源。当前,中国经济发展进入新常态,经济增速已转向中高速增长,能源结构调整步伐加快,环境约束日趋强化,这将促使煤炭需求的增长速度不断下降^②,虽然增速降低,但其绝对消费量还将不断增长。2014 年国务院办公厅印发的《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》明确提出,到 2020 年煤炭消费比重控制在 62% 以内^③。2015 年工信部和财政部共同发布的《工业领域煤炭清洁高效利用行动计划 2015—2020》中提出到 2017 年,实现节约煤炭消耗 8 000 万 t 以上;到 2020 年,力争节约煤炭 1.6 亿 t 以上的目标^④。要实现煤炭消费减量的目标,有必要探究影响煤炭消费增长的因素,这对于有针对性制定节能减排政策具有重要意义。

有关煤炭消费的研究,主要集中在 3 个方面:第 1,煤炭消费与经济增长之间的关系^[1-7];第 2,煤炭消费与碳排放、城市化之间的关系^[8-11];第 3,煤炭消费的影响因素分析。研究方法以计量经济学模型的实证分析为主,如林伯强等^[12]利用协整分析的方法从 GDP、经济结构以及煤炭最终价格等方面分析煤炭消费的影响因素。孔宪丽^[13]利用状态空间模型对中国煤炭消费的影响因素进行探讨。孙涵等^[14]运用支持向量回归机模型从经济增长、城市化和工业化的角度对中国煤炭需求影响进行分析。张洪潮等^[15]通过滤波分析以及趋势回归分析探究引起中国煤炭消费需求波动的关键因素。刘满芝等^[16]、陈闻君和余开勇^[17]分别从地域空间及空间自相关性的角度分析中国煤炭消费影响因素的区域差异。林伯强和毛东昕^[18]则从产业链的角度对中国煤炭消费终端部门的动态需求进行探讨。

近些年来,结构分解模型在能源消费变动研究中得到广泛应用。目前主要有结构分解和指数分解两种方法,其中,指数分解法又包含迪氏指数分解法和拉氏指数分解法。Ang^[19-20]通过对各种分解方法的比较得出,对数平均迪氏指数法(logarithmic mean Divisia index, LMDI)在诸多分解方法中具有分解无残差,可以有效处理零值问

题,时间及因素可逆性等良好的特性。基于这些优势,LMDI 方法在实际研究中得到广泛应用。如张伟等^[21]利用指数分解方法对中国煤炭消费进行分解分析。Zhang 等^[22]对中国交通部门的能源消费进行分解分析,Tian 等^[23]利用 LMDI 方法对中国钢铁工业能源消费的温室气体排放进行解析。Zhang 和 Da^[24]对中国能源消费的碳排放与经济发展的脱钩分析进行指数解析。

目前国内集中在能源消费方面的研究较多,且出现部门细化深化的趋势,但是在煤炭消费影响因素方面的研究较为缺乏。在研究方法上,现有的指数分解模型多以迪氏分解法的加法形式为主,而加法分解结果无法解释动态变化。本文以中国煤炭消费为研究对象,从宏、中、微观 3 个层次对其变动的影响因素进行乘法分解分析,丰富了相关研究的成果。此外,在对不同区域层次的分析中,检验乘法分解结果的稳健性。这对于 LMDI 方法在不同区域层次上的运用具有较好的实践指导意义。

1 研究方法数据来源

1.1 研究方法

本文采用迪氏指数分解法的乘法分解^[25]对煤炭消费变动进行研究。在时间 t ,各变量表述如表 1 所示。

表 1 相关变量的定义
Table 1 Definitions of the variables

变量名称	变量含义	公式及单位
E_t	煤炭消费总量	万 t 标煤
$E_{j,t}$	区域 j 的煤炭消费量	万 t 标煤
Y_t	总产出(国内生产总值)	单位:亿元(2000 年为基期)
$Y_{j,t}$	区域 j 的产出(地区生产总值)	单位:亿元(2000 年为基期)
$S_{j,t}$	区域 j 的产出份额	$S_{j,t} = Y_{j,t}/Y_t$ (%)
I_t	煤炭消费强度	$I_t = E_t/Y_t$ (t 标煤/万元)
$I_{j,t}$	区域 j 的煤炭消费强度	$I_{j,t} = E_{j,t}/Y_{j,t}$ (t 标煤/万元)

在时间 t ,煤炭消费的总量可以表示成

$$E_t = \sum_{j=1}^k E_{j,t} = \sum_{j=1}^k Y_t (Y_{j,t}/Y_t) (E_{j,t}/Y_{j,t}) = \sum_{j=1}^k Y_t S_{j,t} I_{j,t}, \tag{1}$$

① 工业和信息化部、财政部.工业领域煤炭清洁高效利用行动计划.工信部联节[2015]45 号。
② 国家能源局.国家能源局关于促进煤炭工业科学发展的指导意见.国能煤炭[2015]37 号。
③ 国务院办公厅.能源发展战略行动计划(2014—2020 年).国办发[2014]31 号。

式中, k 表示相应分解层次上区域的个数; Y_t 代表经济产出, 本文选取 GDP 作为经济产出的衡量指标; $S_{j,t}$ 代表区域 j 的经济产出在总产出中的份额; $I_{j,t}$ 代表煤炭消费强度.

根据 Ang^[25], 式(1)可进一步表示成煤炭消费总量变动率的形式:

$$D_{\text{tot}} = V_T/V_0 = D_{\text{act}} D_{\text{str}} D_{\text{int}}, \tag{2}$$

$$D_{\text{act}} = \exp\left[\sum_{j=1}^k \frac{(E_{j,T} - E_{j,0})/(\ln E_{j,T} - \ln E_{j,0})}{(E_T - E_0)/(\ln E_T - \ln E_0)} \ln(Y_T/Y_0)\right], \tag{3}$$

$$D_{\text{str}} = \exp\left[\sum_{j=1}^k \frac{(E_{j,T} - E_{j,0})/(\ln E_{j,T} - \ln E_{j,0})}{(E_T - E_0)/(\ln E_T - \ln E_0)} \ln(S_{j,T}/S_{j,0})\right], \tag{4}$$

$$D_{\text{int}} = \exp\left[\sum_{j=1}^k \frac{(E_{j,T} - E_{j,0})/(\ln E_{j,T} - \ln E_{j,0})}{(E_T - E_0)/(\ln E_T - \ln E_0)} \ln(I_{j,T}/I_{j,0})\right]. \tag{5}$$

其中, V 代表煤炭消费总量, D_{tot} 代表从时间 0 到时间 T 煤炭消费的变动比率. D_{act} 代表经济效应, D_{str} 代表结构效应, D_{int} 代表强度效应.

根据 González et al.^[26], 从时间 0 到时间 T , 各效应的累积影响可以表示为下列形式:

$$(C_{\text{tot}})_{0,T} = (D_{\text{tot}})_{0,1} (D_{\text{tot}})_{1,2} \cdots (D_{\text{tot}})_{T-1,T}, \tag{6}$$

$$(C_{\text{act}})_{0,T} = (D_{\text{act}})_{0,1} (D_{\text{act}})_{1,2} \cdots (D_{\text{act}})_{T-1,T}, \tag{7}$$

$$(C_{\text{str}})_{0,T} = (D_{\text{str}})_{0,1} (D_{\text{str}})_{1,2} \cdots (D_{\text{str}})_{T-1,T}, \tag{8}$$

$$(C_{\text{int}})_{0,T} = (D_{\text{int}})_{0,1} (D_{\text{int}})_{1,2} \cdots (D_{\text{int}})_{T-1,T}. \tag{9}$$

式(6)一式(9)中, $(D_m)_{t-1,t}$ 指从时期 $t-1$ 到 t ($t=1, 2, \cdots, T$) 时期, 第 m 种效应的影响 ($m=\text{tot}, \text{act}, \text{str}, \text{int}$).

1.2 数据来源

考虑到科学性、可靠性、完整性以及数据的可获取性, 本文主要以统计年鉴为准. 全国及各个省市历年 GDP 数据来源于《中国统计年鉴》(1996—2014). 以 2000 年为基期, 根据各省市的

国内生产总值指数分别进行不变价的 GDP 折算, 计算出实际 GDP. 全国及各个省市煤炭消费量的数据来源于《中国能源统计年鉴》(1996—2012) 和《新中国 60 年统计资料汇编 1949—2008》, 部分缺失的数据从相应省市的统计年鉴中查找补缺. 由于 1997 年重庆设为直辖市, 故在计算 1995、1996 年四川省的煤炭消费量时减去了重庆消费的部分. 由于数据缺失的原因, 西藏未列入研究范围之内.

2 全国总体煤炭消费变动的分解分析

2.1 不同分解层次空间范围的确定

依据 González et al.^[26] 的划分办法, 以 1995—2012 年各省市平均煤炭消费强度作为划分层次的标准, 依据相对一致性的原则, 将全国 30 个省级区域划分为 3 个不同的层次.

第 3 层次为微观层次, 即按行政区范围划分为 30 个省市.

第 2 层次为中观层次, 划分为以下 5 个区域①:

区域 1: 北京、福建、广东、海南②;

区域 2: 湖南、四川、江西、天津、广西、江苏、浙江、上海;

区域 3: 陕西、青海、安徽、河南、云南、黑龙江、辽宁、湖北、重庆、山东;

区域 4: 内蒙古、河北、甘肃、吉林、新疆;

区域 5: 山西、宁夏、贵州.

第 1 层次为宏观层次, 划分为 3 个空间单元③.

低强度省区: 北京、福建、广东、海南、湖南、四川、江西、天津、广西、江苏、浙江、上海;

中等强度省区: 陕西、青海、安徽、河南、云南、黑龙江、辽宁、湖北、重庆、山东、内蒙古、河北、甘肃、吉林、新疆;

高强度省区: 山西、宁夏、贵州.

2.2 省级层次(第 3 层次)分解

根据 1.1 中的式(3)一式(5), 以 30 个省市作为分解的单元, 进行全国煤炭消费变动的乘法

① 煤炭强度 = 单位产值煤炭消耗(单位: t 标煤/万元). 区域 1: 煤炭强度 ≤ 0.5 ; 区域 2: $0.5 < \text{煤炭强度} \leq 1.0$; 区域 3: $1.0 < \text{煤炭强度} \leq 1.5$; 区域 4: $1.5 < \text{煤炭强度} \leq 3.0$; 区域 5: 煤炭强度 > 3.0 .
② 从煤炭强度来讲, 这 4 个省市均小于 0.5, 但其煤炭强度低的原因各异. 北京和广东属于经济总量大导致的单位产值煤耗降低; 福建属于经济中度发达, 而煤炭消耗量相对较低, 从而导致煤炭强度较低; 而海南煤炭强度低的主要原因为能源结构中煤炭比重较小, 其 1995—2012 年煤炭能源消费量平均值只有北京的 13%, 广东的 4%.
③ 低强度省区: 煤炭强度 ≤ 1.0 ; 中等强度省区: $1.0 < \text{煤炭强度} \leq 3.0$; 高强度省区: 煤炭强度 > 3.0 .

分解. 计算结果如表 2 所示.

表 2 1995—2012 年全国煤炭消费总量变动
在省级层次上的乘法分解

Table 2 Multiplicative decomposition of changes in
aggregate coal consumption at level III
from 1995 to 2012

年份	$D3_{act}$	$D3_{str}$	$D3_{int}$	$D3_{tot}^{①}$
1995	1.000 00	1.000 00	1.000 00	1.000 00
1996	1.116 55	1.000 25	0.927 05	1.035 36
1997	1.109 87	0.998 32	0.902 72	1.000 22
1998	1.097 44	0.998 34	0.905 53	0.992 12
1999	1.090 73	0.996 45	0.898 16	0.976 17
2000	1.098 02	0.997 37	0.938 81	1.028 12
2001	1.096 43	0.998 87	0.955 19	1.046 11
2002	1.108 75	0.999 19	0.984 76	1.090 97
2003	1.122 98	0.999 87	1.032 92	1.159 80
2004	1.136 58	1.000 51	1.017 09	1.156 60
2005	1.131 00	1.002 19	1.041 28	1.180 27
2006	1.137 27	0.999 63	0.991 05	1.126 67
2007	1.143 73	1.000 70	0.938 07	1.073 64
2008	1.117 18	1.001 52	0.931 83	1.042 60
2009	1.116 42	1.000 01	0.939 52	1.048 91
2010	1.131 05	1.002 07	0.958 27	1.086 08
2011	1.117 47	1.005 62	1.000 90	1.124 76
2012	1.102 30	1.004 33	0.918 98	1.017 38

通过表 2 得知,除 1998 和 1999 年以外,在 1995—2012 年间,中国煤炭消费总量呈现出不断增长的趋势. 1997 年煤炭消费增速降缓,1998、1999 年呈现负增长. 在经过 2000—2002 年的短暂恢复后,2003—2006 年间,煤炭消费快速增长,年增长率均在 10% 以上,2005 年的增长速率最高,约为 18.03%. 自 2005 年后,增长速度逐渐放缓,但 2011 年,煤炭消费的增长速率较高,为 12.48%.

表 2 还显示,经济效应是煤炭消费总量增长的主要促进因素,自 2002—2012 年,经济增长的变动比率均在 10% 以上. 强度效应和结构效应对煤炭消费增长的影响较为复杂. 总体来看,强度效应对煤炭消费的增长主要起抑制作用. 这种抑制作用在 1999 年表现最为突出,为 -10%. 结构效应在 1997—2003 年间抑制煤炭消费增长,但自 2004 年到 2012 年,则主要为促进煤炭消费增长.

利用 1.1 中的式 (6)—式 (9), 计算得出 1995—2012 年各个效应的累积效应值. 通过对比

① $D3_m$ 代表第 3 层次上第 m 种效应.

累积效应的变动趋势,更深入分析经济效应、结构效应及强度效应对煤炭消费总量的影响. 计算结果如图 1 所示.

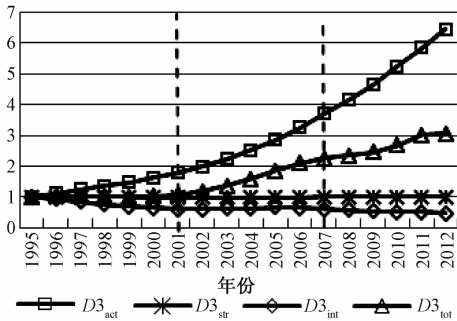


图 1 1995—2012 年全国煤炭消费总量变动在
省级层次上乘法分解的累积效应

Fig.1 Cumulative effects of multiplicative decomposition
of changes in aggregate coal consumption in the 30
provinces from 1995 to 2012

根据图 1 显示的结果,中国煤炭消费累积总量的变动可以划分为 3 个不同的时期:1995—2001 年,2002—2007 年和 2008—2012 年.

在第 1 个时期,中国煤炭消费总量变动不大,年平均变动率为 1.3%. 其中,在 1998 及 1999 年出现了负增长,其背后原因为 1997 年的亚洲金融危机. 这场危机造成中国经济整体下滑,进而导致煤炭消费总量下降. 因为金融危机影响存在滞后性,中国实际煤炭消费量下滑出现在 1998 及 1999 年. 2000—2001 年,中国经济迅速恢复,GDP 增长率分别为 8.43% 和 8.30%,煤炭消费总量年增长率分别为 2.8% 及 4.6%. 从图 1 可看出,经济增长的累积效应明显为正,是驱动煤炭消费总量增长的关键因素. 与此同时,能源效率的改善是抑制煤炭消费总量的关键因素. 而结构变动的累积效应非常微弱,对煤炭消费总量的变动贡献率较小.

在第 2 个时期,中国煤炭消费总量迅速增长,年平均增长率为 13.1%. 这一时期的快速增长主要原因有 2 个. 其一为 2001 年中国加入世界贸易组织,这使得中国经济参与国际市场的程度得以提高,促进中国经济发展. 其二为 2003—2006 年间,国际经济高速增长,这促使中国出口导向型经济增长迅速,尤其是重化工业,增速迅猛,从而直接导致煤炭消费总量的指数增长. 与第 1 个时期相同,在这一阶段,促使煤炭消费总量增长的主要驱动因素还是经济规模的扩大,而主要抑制因素

为煤炭消费强度的下降.与上一阶段不同的是,煤炭消费累积强度效应在 2003—2005 年出现轻微的上升,这是因为在中国出口带动经济增长阶段的初期,出口的主要为资源密集型产品,这一类产品能源消耗大,能源利用效率低下.2003—2006 年,中国煤炭消费总量的年增长速度分别为 16.0%、15.0%、18.0% 和 13.6%.

第 3 个时期,中国煤炭消费总量依然呈现增长趋势,但值得注意的是,增速明显放缓,年平均增长率为 6.5%.从图 1 可看出,这一时期煤炭消费增长的主要驱动因素依然为经济规模的不断扩大.而与此相反,煤炭利用效率的不断提高却在很大程度上抑制了煤炭消费总量的增长.这种抑制作用在 2012 年表现得尤为突出,煤炭强度效应值高达 -8.1%.这说明,经济规模的不断扩大并不必然导致煤炭消费总量的增长.只要在经济增长的同时,努力提高煤炭利用的效率,就会相应减缓煤炭消费总量的增长速度抑或通过大力技术革新,使煤炭消费出现负增长的趋势.除煤炭利用效率的改善外,还有一个值得注意的方面是,通过图中显示的趋势可看出,在这一阶段的后期,已经出现煤炭消费与经济增长脱钩的迹象,这从另一个侧面反映出中国能源消费结构正在逐渐发生变革.

2.3 区域层次(第 2 层次)分解

为检验煤炭消费总量增长在省级层次分解结果的稳健性,根据 2.1 中划分的 5 个区域,对煤炭消费量的变动情况再次进行乘法分解,结果如表 3 所示.

根据表 3 中数据可得出,1995—2012 年,经济效应的年平均增长率为 10.97%,是煤炭消费增长的主要促进因素.而煤炭强度的历年平均效应值为 -4.9%,是煤炭消费增长的主要抑制因素.结构效应的平均值在 1 左右徘徊,对煤炭消费总量变动的影响微乎其微.虽然煤炭效率的改善抑制了煤炭总量增长,但其抑制作用无法抵消经济效应的拉动作用,故煤炭消费总量呈明显上升趋势.

与第 1 层次分析结果对比,从数值上来看,研究空间的扩大几乎不改变经济效应的作用程度,但使得结构效应由正向促进的 0.3% 变为负向抑制的 -0.05%,同时使强度效应由 -3.99% 变为 -3.92%.可以看出,研究区域由 30 个省市组成

的第 3 层次到由 5 个跨省区域组成的第 2 层次,其分解结果虽有变化,但变化幅度较小,这说明,省级层次的分解结果在区域层次上具有较好的稳健性.

表 3 1995—2012 年全国煤炭消费总量变动
在区域层次上的乘法分解

Table 3 Multiplicative decomposition of changes in aggregate coal consumption at level II from 1995 to 2012

年份	$D2_{act}$	$D2_{str}$	$D2_{int}$	$D2_{tot}$
1995	1.000 00	1.000 00	1.000 00	1.000 00
1996	1.116 58	0.999 90	0.927 36	1.035 36
1997	1.109 95	0.998 24	0.902 73	1.000 22
1998	1.097 46	0.998 61	0.905 28	0.992 12
1999	1.090 76	0.997 21	0.897 44	0.976 17
2000	1.098 06	0.997 65	0.938 52	1.028 12
2001	1.096 49	0.998 67	0.955 33	1.046 11
2002	1.108 78	0.998 55	0.985 37	1.090 97
2003	1.123 06	0.999 01	1.033 75	1.159 80
2004	1.136 62	0.999 32	1.018 27	1.156 60
2005	1.131 11	1.000 16	1.043 29	1.180 27
2006	1.137 37	0.998 04	0.992 53	1.126 67
2007	1.143 79	0.999 24	0.939 39	1.073 64
2008	1.117 21	1.000 29	0.932 95	1.042 60
2009	1.116 44	0.998 35	0.941 07	1.048 91
2010	1.131 08	1.000 95	0.959 31	1.086 08
2011	1.117 50	1.004 39	1.002 10	1.124 76
2012	1.102 33	1.003 33	0.919 87	1.017 38

2.4 空间单元(第 1 层次)分解

根据 2.1 中划分的 3 个空间单元,对煤炭消费量的变动情况再度进行乘法分解,结果如表 4 所示.此次分解的主要目的与第 2 层次分解相同,即检验研究空间的变化,是否影响乘法分解的结果.

通过表 4 可看出,经济效应、结构效应以及强度效应在各年的分解值与上两次分解结果(表 2 与表 3)变化不大.但计算历年平均值,结果显示,经济效应的正向驱动作用有较微弱的增加,从省级层次、区域层次到空间单元,分别为 10.965%、10.969% 和 10.970%.结构效应变化相对明显,从第 3 层次、第 2 层次到第 1 层次,其作用的平均值依次为 0.3%、-0.05% 和 -0.06%.而强度效应负向抑制的作用方向在 3 个分解层次保持不变,但其效应值有小幅度的减弱,3 个层次对应均值分别为 -3.99%、-3.92% 和 -3.91%.

表 4 1995—2012 年全国煤炭消费总量变动
在空间单元层次上的乘法分解

Table 4 Multiplicative decomposition of changes in
aggregate coal consumption at level I from 1995 to 2012

年份	$D1_{act}$	$D1_{str}$	$D1_{int}$	$D1_{tot}$
1995	1.000 00	1.000 00	1.000 00	1.000 00
1996	1.116 58	0.999 11	0.928 09	1.035 36
1997	1.109 95	0.998 20	0.902 77	1.000 22
1998	1.097 46	0.998 54	0.905 34	0.992 12
1999	1.090 77	0.997 52	0.897 16	0.976 17
2000	1.098 06	0.997 82	0.938 36	1.028 12
2001	1.096 49	0.998 79	0.955 21	1.046 11
2002	1.108 78	0.998 85	0.985 07	1.090 97
2003	1.123 06	0.998 81	1.033 95	1.159 80
2004	1.136 63	0.999 18	1.018 41	1.156 60
2005	1.131 12	0.999 58	1.043 89	1.180 27
2006	1.137 38	0.998 03	0.992 53	1.126 67
2007	1.143 80	0.999 11	0.939 50	1.073 64
2008	1.117 21	0.999 95	0.933 27	1.042 60
2009	1.116 44	0.998 14	0.941 26	1.048 91
2010	1.131 08	1.001 02	0.959 23	1.086 08
2011	1.117 51	1.004 01	1.002 47	1.124 76
2012	1.102 34	1.002 82	0.920 33	1.017 38

3 3 个层次各效应累积值的比较
分析

以上是基于 3 个不同层次各年乘法分解结果的分析.在这一小节,将从 1995—2012 年各年的累积效应变动情况对比 30 个省级层次、5 个区域层次以及 3 个空间单元的乘法分解结果.计算累积效应可以使不同层次各效应的差异更好地体现.根据 1.1 中式(6)—式(9)计算 3 个不同层次各年的累积经济效应、累积结构效应以及累积强度效应.结果如图 2—图 4 所示.

图 2 显示,1995—2012 年间,3 个不同分解层次的累积经济效应值均呈现不断上升的趋势.这说明中国经济规模的不断扩大促进煤炭消费的快速增长.这种促进作用不管是在省级层次、区域层次还是空间单元层次均是十分显著的.通过累积经济效应变动的总趋势线可看出,其呈现出指数增长的趋势.这表明,各年的经济效应出现等量变动的现象,其增长率保持在 10% 左右.

图 3 表明,自 1995 至 2012 年,不同分解层次上的累积结构效应呈现不同的变动趋势.其中有 3 点值得注意.第 1,除 2011、2012 年外,各分解层次累积结构效应的值均小于 1.这说明,结构效应对于中国煤炭消费总量的变动总体上具有负向的抑制作用.第 2,通过 3 个分解层次的趋势线可看

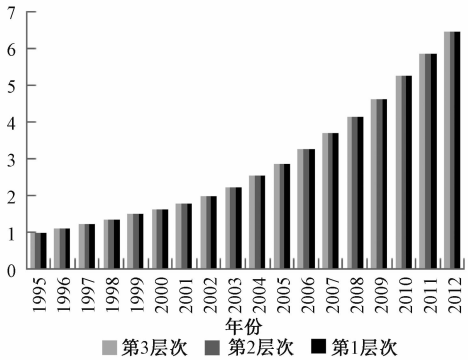


图 2 1995—2012 年中国煤炭消费量变动在 3 个
不同层次上的累积经济效应
Fig. 2 Cumulative economic effects in China's coal
consumption changes at three disaggregation
levels from 1995 to 2012

出,累计结构效应变动趋势呈现“U”型结构.1995 到 2003 年间,随着时间的推移,3 个层次结构效应的负向抑制作用逐渐增强.对于第 1 层次和第 2 层次来说,这种抑制作用在 2009 年达到最大值.这与 2008 年全球金融危机影响地区经济产出有关.自 2011 年后,中国经济从危机中逐渐恢复,中央政府在 2008 年为扩大内需,集中投入 4 万亿刺激经济的效果也逐步显现.这一过程伴随着煤炭消费总量的增加.经济产出对煤炭消费的依赖不减反增,这导致累积结构效应值逐渐增大,而其对应的抑制作用则相应减小.第 3,自 2003 年起,不同分解层次的结构效应值出现微弱分异.具体来说,分解层次越宏观,其结构效应的负向影响越明显.“U”型结构在省级分解层次上最明显,空间单元层次上变动幅度相对较小.这可能与本文区域层次的划分有关,因为划分的依据是煤炭强度,故结构效应的差别得到更好体现.

从图 4 可看出,研究时段内,3 个不同层次上累积强度效应变化的总趋势近似为“W”型曲线.首先,1995—2012 年间,3 个分解层次累积强度值均小于 1,这说明强度效应是抑制煤炭总量变动的关键因素.其次,3 个层次的累积强度效应具有波动式下降的特点.换句话说,即煤炭利用效率的提高在特定时段存在反弹效应.累积强度效应自 1995 年快速下降,到 2002 年降到阶段性的最低值.自 2003—2005 年短暂上升之后又开始缓慢下降,2012 年的累积强度值显著降低.对于这种变动趋势的解释如下,1995 到 2000 年是九五规划期间.九五规划的主要目标就是积极推进经济体

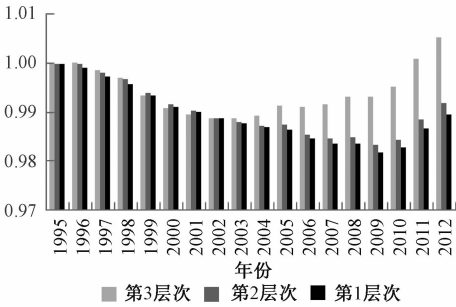


图 3 1995—2012 年中国煤炭消费量变动在 3 个不同层次上的累积结构效应

Fig. 3 Cumulative structural effects in China's coal consumption changes at three disaggregation levels from 1995 to 2012

制和经济增长方式的根本转变,形成有利于节约资源、降低消耗、提高质量、增加效益的企业经营机制,与此同时,推动自主创新与技术进步.在这一目标的指导下,煤炭利用效率得到很大提高,单位产值能耗持续下降.但自 2001 年加入世贸组织至 2005 年间,中国为积极进入世界市场,出口量连年持续上升.因为出口的多为资源密集型产品,故导致煤炭强度短时间内也呈上升趋势.另外一个原因就是 2000 年中国将房地产作为经济发展的主导产业之一,房地产开发带动钢铁、水泥的大量消耗,这些材料的生产伴随着煤炭消耗总量的急剧上涨,煤炭利用效率的提高不足以抵消总体能耗的巨大增长,从而使得煤炭强度增加.最后,分解层次的划分在 1995—2006 年对煤炭累积强度效应的影响不是很明显.但自 2007 年后,3 个层次的累积强度效应出现细微分化,省级层面的强度最低,区域层面的居中,空间层次的最高.

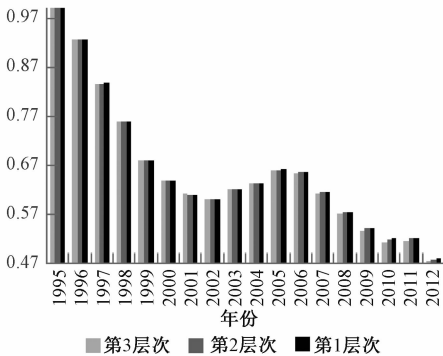


图 4 1995—2012 年中国煤炭消费量变动在 3 个不同层次上的累积强度效应

Fig. 4 Cumulative intensity effects in China's coal consumption changes at three disaggregation levels from 1995 to 2012

从微观到宏观看,即从省级层次到空间单元层次,乘法分解的累积经济效应、累积结构效应及累积强度效应变动形式不一致.累积经济效应变化最不显著.而累积结构效应表现出随分解区域的不断扩大而缓慢下降的趋势.这表明,研究区域越宏观,结构效应的抑制作用越明显,但从绝对数值来说,变动非常微弱.同样,研究层次的不同对累积强度效应亦产生影响.随着区域由小到大,累积强度效应值缓慢增大.这表明,研究区域越宏观,强度效应的抑制作用则相对减弱.

4 主要结论及政策建议

本文研究的主要结论是:

省级层面的分解分析显示经济增长是驱动煤炭消费总量增长的关键因素.与此同时,能源效率的改善是抑制煤炭消费总量的主要因素.而结构变动的影响非常微弱,对煤炭消费总量的变动贡献率较小.这一结果在区域层次和空间单元层次发生细微变化,即研究区域越宏观,结构效应的抑制作用微弱增加,强度效应的抑制作用则相对减小,而经济效应基本不因研究区域变动而变动.但从各效应的绝对值来讲,3 种效应在不同区域层面基本保持稳定,即乘法分解的结果具有较好的稳健性.研究结论具有方法论以及政策参考两个方面的价值.就方法论来讲,填补了乘法分解在区域层面上研究的空白.就政策参考来讲,可基于以上结论,做如下的建议:

逐步实现经济增长与煤炭消费脱钩.虽然中国“富煤、少气、贫油”的能源资源格局在很大程度上制约了中国能源消费结构的调整,但中国粗放、低效的能源利用方式也是煤炭消费增长的主要原因.除此之外,中国的经济增长主要依赖出口与投资,而出口产品结构以及投资结构对工业的依赖性较强,这也是使得煤炭消费不断增长的关键因素.因此,要实现经济增长与煤炭消费的脱钩就必须加快出口产品结构的升级及投资结构的优化,提高产品的附加值和科技含量.

改善煤炭利用效率,实现煤炭清洁高效利用.分析结果显示,能源效率是抑制煤炭消费总量的关键因素.近些年节能技术创新和推广使得中国煤炭利用效率稳步提升,但与世界发达国家相比,中国单位产值的能耗依然很高,还有很大改善空间.因此,应进一步增加煤炭清洁高效利用方面的

投资,逐步提高煤炭利用效率。

促进地区间经济协调发展,增强结构效应的抑制作用。本文的结构效应指地区产值结构效应,其对煤炭消费的影响微弱。与西方国家相比^[26],其抑制作用尚未得到充分体现。因此,要逐步缩小地区间经济差距,从而使得地区产出结构更加合理,更好地发挥结构效应的抑制作用。

参考文献

- [1] 任少飞,冯华. 中国经济增长与煤炭消费结构的关系[J]. 财经科学,2006(12):108-114.
- [2] 张兆响,廖先玲,王晓松. 中国煤炭消费与经济增长的变结构协整分析[J]. 资源科学,2008,30(9):1282-1289.
- [3] 张兆响,廖先玲,王晓松,等. 基于协整关系的中国区域煤炭消费与经济增长比较研究[J]. 资源科学,2009,31(6):1081-1087.
- [4] 张兴平,赵旭,顾蕊. 我国煤炭消费与经济增长关系的多变量协整分析[J]. 煤炭学报,2008,33(6):713-716.
- [5] 薛黎明,侯运炳,蔡先锋,等. 中国煤炭消费与经济发展水平之间关系的协整分析[J]. 中国矿业,2011,20(1):31-35.
- [6] Wolde - Rufael Y. Coal consumption and economic growth revisited [J]. Applied Energy,2010,87(1):160-167.
- [7] Li R, Leung G C K. Coal consumption and economic growth in China [J]. Energy Policy,2012,40(1):438-443.
- [8] Bloch H, Rafiq S, Salim R. Coal consumption, CO₂ emission and economic growth in China: empirical evidence and policy responses [J]. Energy Economics,2012,34(2):518-528.
- [9] Govindaraju V G R C, Tang C F. The dynamic links between CO₂ emissions, economic growth and coal consumption in China and India [J]. Applied Energy,2013,104(2):310-318.
- [10] Michieka N M, Fletcher J J. An investigation of the role of China's urban population on coal consumption [J]. Energy Policy,2012,48(C):668-676.
- [11] 李金克,王风华,耿殿明. 中国 CO₂ 排放、煤炭消费及经济增长的协整检验[J]. 统计与决策,2011(19):113-115.
- [12] 林伯强,魏巍贤,李丕东. 中国长期煤炭需求:影响与政策选择[J]. 经济研究,2007(2):48-58.
- [13] 孔宪丽. 中国煤炭消费与影响因素动态关系的实证分析:兼论煤炭消费的非对称价格效应[J]. 资源科学,2010,32(10):1830-1838.
- [14] 孙涵,付晓灵,张先锋. 基于支持向量回归机的中国煤炭长期需求预测[J]. 中国地质大学学报:社会科学版,2011,11(5):15-18.
- [15] 张洪潮,王泽江,李晓利,等. 中国煤炭消费需求波动规律及成因分析[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(1):94-101.
- [16] 刘满芝,王锐,周梅华,等. 中国区域煤炭消费影响效应的比较分析:基于面板数据模型的实证经验[J]. 资源科学,2011,(9):1641-1649.
- [17] 陈闻君,余开勇. 中国省域煤炭消费空间格局演化特征[J]. 地理与地理信息科学,2014,30(2):56-60.
- [18] 林伯强,毛东昕. 煤炭消费终端部门对煤炭需求的动态影响分析[J]. 中国地质大学学报:社会科学版,2014,(6):1-12.
- [19] Ang B W. Decomposition analysis for policymaking in energy [J]. Energy Policy,2004,32(9):1131-1139.
- [20] Ang B W. LMDI decomposition approach: A guide for implementation [J]. Energy Policy,2015,86:233-238.
- [21] 张伟,张金锁,孙再罗. 基于 LMDI 指数分析的中国煤炭消费增长分解研究[J]. 中国矿业,2014,23(8):42-45,87.
- [22] Zhang M, Li H, Zhou M, et al. Decomposition analysis of energy consumption in Chinese transportation sector [J]. Applied Energy,2011,88(6):2279-2285.
- [23] Tian Y, Zhu Q, Geng Y. An analysis of energy-related greenhouse gas emissions in the Chinese iron and steel industry [J]. Energy Policy,2013,56(2):352-361.
- [24] Zhang Y J, Da Y B. The decomposition of energy-related carbon emission and its decoupling with economic growth in China [J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews,2015,41:1255-1266.
- [25] Ang B W. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide[J]. Energy Policy,2005,33(7):867-871.
- [26] González P F, Landajo M, Presno M J. Multilevel LMDI decomposition of changes in aggregate energy consumption. A cross country analysis in the EU - 27 [J]. Energy Policy,2014,68(5):576-584.