

考虑非能耗的煤炭产业碳排放驱动因素研究

——基于 LMDI 模型的实证分析

李 跃 张士强 张 翼

内容提要 基于山东省煤炭产业 2005–2014 年时间序列数据,运用对数平均迪氏分解方法(LMDI),将碳排放的相关影响因素分解为能源结构、能源强度、煤炭产业人均生产总值、煤炭企业人口强度、煤炭企业数量等五个驱动因素,分别计算了包含非能耗排放和不包非能耗排放时六类驱动因素的贡献值和贡献率。结果表明,能源强度、人均生产总值和煤炭企业人口强度因素对煤炭产业碳排放具有抑制作用,其中能源强度因素抑制作用较为明显,人均生产总值驱动效应波动性较强;能源结构和煤炭企业数量两个因素对煤炭产业碳排放具有持续推动作用,其中煤炭企业数量是碳排放增加的最大拉动因素;在不考虑非能耗排放时,能源结构推动作用将转变为抑制作用,表明非能耗碳排放因素对煤炭产业碳排放量影响极大。通过对五类驱动因素的深入分析,提出相关政策建议。

关键词 LMDI 煤炭产业 碳排放 因素分解 非能耗排放

李 跃,山东科技大学管理科学与工程专业博士生 266590

张士强,山东科技大学、济南大学教授 250022

张 翼,山东科技大学管理科学与工程专业博士生、讲师 266590

一、引 言

在当前雾霾严重、资源短缺、经济下行的形势下,转方式、调结构已成为我国目前经济发展的重中之重,低碳发展成为当前经济的重要转型方向。我国在 2008 年的八国集团首脑会议中更是提出,到 2050 年全球二氧化碳排放量减半的长期目标;作为全球第一大碳排放国,于 2009 年负责任的提出到 2020 年单位 GDP 排放量相较于 2005 年降低 40%–45% 的实质性目标,践行大国承诺。煤炭产业作为我国的能源基础产业,被推上舆论和研究的重点。我国能源的 70% 以上来自煤炭,短时期内难以改变

本文为山东省自然科学基金项目“山东省煤炭工业碳排放驱动因素及碳减排仿真路径研究”(批号:ZR2014GM010)、国家统计局科研重点项目“低碳背景下中国煤炭工业转型升级统计指标体系与评价考核研究”(编号:2014LZ35)、山东省社会科学规划研究项目“山东省煤矿装备制造业转型升级研究”(编号:14CGLJ26)阶段性成果。

能源供给结构现状,如何实现煤炭产业的碳减排和低碳发展,成为我国必须重视和应对的问题。

二、文献综述

为寻求降低碳排放途径,专家学者运用不同研究方法针对碳排放驱动因素展开了大量研究,以求为政策制定提供理论指导。其中较为常用的碳排放驱动因素模型主要有LMDI模型、STIRPAT模型、IP-DA模型、ARDL模型、三要素生产函数框架法和面板数据回归等。其中,LMDI模型是Ang(2004)在综合比较各种因素分析法方法的基础上提出的分析方法。LMDI方法由于满足因素可逆,能消除残差项,克服了用其他方法分解后存在残差项或对残差项分解不当的缺点,使模型更具说服力。这也是本研究选用LMDI方法对山东省煤炭产业碳排放驱动因素进行分解研究的原因。在碳排放驱动的现有文献中,专家学者对碳排放影响因素的研究,因素选取基本相同。其中Wang(2005)以中国整体碳排放为研究对象,运用LMDI对1957-2000年的碳排放进行了分解,综合分析了人口、经济增长、能源强度、能源结构对碳排放的影响效应;徐国泉等(2006)则研究了能源结构、能源效率和经济发展三因素的变化对中国人均碳排放的影响;Liu(2007)以36个工业部门为研究对象,探讨了能源结构、经济增长、能源效率、人口数量对碳排放的影响。朱勤和彭希哲等(2009)将我国碳排放分解为人口、人均GDP、产业结构、能源强度、能源消费结构等五方面因素。而在研究对象上,近期逐渐趋向于行业化、区域化。蒋金荷(2011)通过分析中国宏观工业部门数据,对中国碳排放量的预测及影响因素进行了研究;张利等(2012)以新疆为研究对象,分析了新疆能源消耗碳排放变化及影响因素;吴贤荣,张俊飏等(2014)则对省域农业碳排放影响因素进行了研究,并对其碳排放效率进行了测算;此外张艳等(2011、2012)、王常凯等(2015)、冯博等(2015)分别研究了城市居民、电力行业、建筑行业的碳排放影响因素,并给出了具体建议。与此同时,专家学者对具体省市碳排放驱动因素也进行了大量研究和有益探索,并提出了相关建议和措施。

通过对碳排放研究现状的综述发现,研究对象从国家层面转向区域层面和产业层面过程中,对煤炭产业的研究基本没有涉及,而煤炭产业是我国碳排放的重要来源,也是环境污染的重点监控对象,研究煤炭产业碳排放影响因素具有重要的理论意义和现实意义;同时当前碳排放影响因素研究中,都以能耗碳排放为研究对象,缺乏对非能耗碳排放的研究,导致了研究成果的片面性,难以全面揭示各影响因素在行业、区域乃至全国碳排放的驱动效应和规律;考虑到煤炭产业碳排放的独特性以及微观研究的趋势,本文拟以山东地区为例对煤炭产业碳排放驱动因素进行专门研究,并将非能耗碳排放考虑在内。在煤炭产业转型的关键时期,力争对这一区域的煤炭产业的碳排放因素进行细致全面分析,为相关部门提出有针对性的减排路径提供理论指导,也为其他省域提供一定的借鉴。

三、山东省煤炭产业碳排放驱动因素分解模型构建

1. 山东省煤炭产业相关概念界定

(1)煤炭产业碳排放概念界定

碳排放量是指产品在生产、运输、使用及回收该产品时所产生的平均温室气体排放量。一般行业的碳排放量主要是通过各个部门能源消费量与各类能源的碳排放系数相乘累计得到的。但是煤炭产业作为地下采掘业,会伴随各类伴生物品(如瓦斯),瓦斯的成分是甲烷,其对温室效应的影响程度是二氧化碳的24.5倍;同时煤炭产业的产品煤炭、煤矸石等在堆积过程中,会被氧化产生二氧化碳,该类碳排放为非能耗碳排放。根据以上分析,结合煤炭产业的边界界定,本文煤炭产业碳排放量是指煤炭在生产、运输、洗选过程中因消耗能源、瓦斯排放、煤炭自燃等产生的平均温室气体排放量。其计算公

式为:

$$C = \lambda_i E_i + 24.5 C_n + b \quad (1)$$

其中 C 表示煤炭产业二氧化碳排放总量; λ_i 表示能源 i 的碳排放系数; E_i 表示能源 i 的消耗总量; C_n 表示煤炭生产过程中排放的瓦斯量; b 表示由于煤炭、煤矸石堆放自然氧化排放的二氧化碳数量。

根据文献同时将 24.5 视作瓦斯的碳排放系数,则可以将碳排放计算公式简化为: $C = \lambda_i E_i$, 其中 E_i 中包含瓦斯排放量。

(2) 山东煤炭产业边界界定

山东省是我国产煤大省,含煤面积占全省国土面积的 1/3,年产煤炭 1.5 亿吨左右。现有九个产煤市和 30 个产煤县,自 1998 年开始,为整顿煤炭生产秩序,全省共关闭各类小煤矿约 596 处。山东省截止到 2015 年底,山东省煤炭开采业主要有山东能源和兖矿集团以及部分乡镇煤矿组成,当前共有煤矿 184 个。根据我国对产业的划分,煤炭产业主要包括采用地下采掘或露天采掘方式生产煤炭以及对煤炭进行洗选加工的部门,即煤炭产业包括煤炭开采和煤炭洗选两个行业。因此,本文研究的山东煤炭产业包含煤炭开采和煤炭洗选两部分。由于山东省主要的大型国有煤矿都配有自己的洗煤厂,因此山东省暂无独立从事煤炭洗选的企业。

2. 模型构建

中国政府在 2004 年提交的《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》中指出,影响碳排放的驱动因素主要包括八个方面,可将其总结概括为经济因素、科技因素、管理因素和人口因素四个方面。综合专家学者的研究成果,本文选用山东省煤炭产业职工人均生产总值作为其经济因素指标;选取能源碳排放系数及能源强度作为其科技因素指标,其中碳排放系数在短期内视为定值;选取人口强度作为其人口因素指标;考虑到煤炭产业碳排放的特殊性,除将能源结构纳入管理因素指标外,还选用了煤炭企业数量指标,反映煤炭企业大型化、现代化对碳排放的驱动效应。

根据以上分析,运用 LMDI 分析法将山东煤炭产业碳排放驱动因素分解为:山东省煤炭产业能源消费结构、能源碳排放系数、能源强度、人均生产总值、人口强度、煤炭企业数量等因素。其分解公式为:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \frac{E_i}{E} \times \frac{C_i}{E_i} \times \frac{E}{Y} \times \frac{Y}{p} \times \frac{p}{n} \times n \quad (2)$$

公式(2)中, C 为山东省煤炭产业碳排放总量; C_i 为山东省煤炭产业利用第 i 种能源的碳排放量; E 为山东省煤炭产业能源最终消费量; E_i 为 i 能源的消费量; Y 为山东省煤炭产业总产值; n 为山东省煤炭企业数目; p 为山东省煤炭产业从业人口数目。定义能源结构因素 $S_i = E_i/E$, 即第 i 种能源在能源最终消费中的份额; 各类能源碳排放系数 $F_i = C_i/E_i$, 即消费单位第 i 种能源的碳排放量; 能源强度因素 $I = E/Y$, 即单位工业总产值的能源消耗; 人均生产总值因素 $R = Y/p$, 即山东省煤炭产业单位人员的产值; 人口强度因素 $Z = p/n$, 即山东省每个煤炭企业所含的平均从业人口数目; 煤炭企业数量因素 n , 即山东省煤炭产业中存在的煤炭企业的数目。

根据上述分析,可将公式(2)转化为:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i S_i \times F_i \times I \times R \times Z \times n \quad (3)$$

此外,第 t 期相对于基期的碳排放量的变化可以表示为:

$$\Delta C = C^t - C^0 \quad (4)$$

其中,公式(4)中的 ΔC 表示各驱动因素变化对碳排放变化的贡献值。由公式(3)和公式(4)可进一步得:

$$\Delta C = C^t - C^0 = \sum_i S_i^t \times F_i^t \times I^t \times R^t \times Z^t \times n^t - \sum_i S_i^0 \times F_i^0 \times I^0 \times R^0 \times Z^0 \times n^0$$

$$= \Delta C_S + \Delta C_F + \Delta C_I + \Delta C_R + \Delta C_Z + \Delta C_n + \Delta C_{rsd} \quad (5)$$

其中,公式(5)中, ΔC_S 、 ΔC_F 、 ΔC_I 、 ΔC_R 、 ΔC_Z 、 ΔC_n 分别表示各个因素变化对山东省煤炭产业碳排放变化的贡献值。

$$\text{令: } D = \frac{C^t}{C^0} = D_S + D_F + D_I + D_R + D_Z + D_n + D_{rsd} \quad (6)$$

其中公式(6)中, D_S 、 D_F 、 D_I 、 D_R 、 D_Z 、 D_n 分别表示各个因素变化对山东省煤炭产业碳排放水平的贡献率。

基于公式(5)采用LMDI分析法对各驱动因素贡献程度进行分解计算可得:

$$\Delta C_S = \sum_i W_i \ln \frac{S_i^t}{S_i^0}; \quad \Delta C_F = \sum_i W_i \ln \frac{F_i^t}{F_i^0};$$

$$\Delta C_I = \sum_i W_i \ln \frac{I_i^t}{I_i^0}; \quad \Delta C_R = \sum_i W_i \ln \frac{R_i^t}{R_i^0};$$

$$\Delta C_Z = \sum_i W_i \ln \frac{Z_i^t}{Z_i^0}; \quad \Delta C_n = \sum_i W_i \ln \frac{n_i^t}{n_i^0}; \quad (7)$$

$$\text{其中, } W_i = \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln(C_i^t/C_i^0)}$$

设 $\omega = \frac{\ln D}{\Delta C} = \frac{\ln C^t - \ln C^0}{C^t - C^0}$, 则有:

$$D_S = \exp(\omega \Delta C_S); D_F = \exp(\omega \Delta C_F)$$

$$D_I = \exp(\omega \Delta C_I); D_R = \exp(\omega \Delta C_R) \quad (8)$$

$$D_Z = \exp(\omega \Delta C_Z); D_n = \exp(\omega \Delta C_n)$$

$$D_{rsd} = 1$$

3. 数据来源及处理

文中山东省煤炭产业生产总值、从业人口数目、煤炭企业数目、煤炭产量、吨煤综合能耗、吨煤综合电耗等数据来源于2005年到2014年山东省煤炭工业局统计年鉴和煤炭产业经济信息手册;文中山东省煤炭产业总能源消耗量由煤炭产量和吨煤综合能耗计算获得近似值;由于统计口径不一致,且山东省煤炭产量90%以上来源于省重点煤矿,因此本文用山东省重点煤矿煤炭产量代替山东省煤炭产业总产量;瓦斯排放量根据矿井相对涌出量计算获得;各类能源的碳排放系数通过查阅《中华人民共和国国家标准 GB/T2008 综合能耗计算通则》获得;各类能源折标系数及瓦斯相对涌出量近似值由山东省煤炭工业局提供;由于近十年来,煤炭价格出现“过山车”式变化,为消除价格变动因素对计算结果的影响,模型计算过程中山东省煤炭产业生产总值均按2005年不变价格计算得出。

四、山东省煤炭产业碳排放驱动因素实证分析

1. 驱动因素分解结果分析

将煤炭开采过程中,瓦斯排放纳入能源结构,作为山东省煤炭产业碳排放源之一,以2005年为基期,将相关数据带入公式(7)和公式(8)得能源结构、能源强度、人均生产总值、人口强度和煤炭企业数量等五类因素对山东省煤炭产业碳排放量的贡献值和贡献率,如表1所示。此时能源结构因素对山东煤炭产业碳排放表现出拉动作用;为进一步确定当前能源结构的驱动效应,将瓦斯排放从能源结构中剥离,得五类因素对山东煤炭产业碳排放量的贡献值和贡献率,结果如表2所示。由于碳排放系数

表1 2006-2014年五因素对山东省煤炭产业碳排放水平影响效果(含瓦斯)

年份	能源结构		能源强度		人均生产总值		人口强度		煤炭企业数量	
	ΔC_s	D_s	ΔC_l	D_l	ΔC_R	D_R	ΔC_z	D_z	ΔC_n	D_n
2006	311892	1.021	-491529	0.967	789068	1.055	-3515689	0.789	3498642	1.266
2007	750298	1.053	-1175196	0.923	-759559	0.949	-928442	0.939	2337458	1.173
2008	1041868	1.075	-1623266	0.894	-287029	0.980	-1827461	0.881	2553433	1.193
2009	1383394	1.099	-2141905	0.864	586705	1.041	-5553369	0.685	6006656	1.506
2010	1721002	1.121	-2648848	0.838	699479	1.048	-4778691	0.728	6017649	1.492
2011	1963553	1.138	-3009365	0.820	-1117412	0.929	-2209606	0.865	5742370	1.459
2012	2244589	1.165	-3422588	0.792	-2782577	0.827	-852866	0.944	5137983	1.419
2013	2201081	1.158	-3359410	0.800	-1603465	0.899	-364039	0.976	4166641	1.319
2014	2213813	1.161	-3377760	0.797	-388571	0.974	-812085	0.947	3028101	1.226
累计	13831490		-21249867		-4863361		-20842248		38488933	

表2 2006年-2014年五因素对山东省煤炭产业碳排放水平影响效果(不含瓦斯)

年份	能源结构		能源强度		人均生产总值		人口强度		煤炭企业数量	
	ΔC_s	D_s	ΔC_l	D_l	ΔC_R	D_R	ΔC_z	D_z	ΔC_n	D_n
2006	-142	1.000	-179496	0.943	162325	1.054	-723237	0.790	719730	1.265
2007	-1279	1.000	-423619	0.865	-151314	0.950	-184958	0.939	465652	1.173
2008	-320	1.000	-581078	0.814	-56010	0.980	-356604	0.881	498267	1.193
2009	-26	1.000	-758485	0.762	111547	1.041	-1055827	0.685	1142008	1.507
2010	-33	1.000	-927814	0.716	129672	1.048	-885893	0.727	1115576	1.493
2011	-282	1.000	-1045530	0.685	-203277	0.929	-401967	0.865	1044640	1.460
2012	-109	1.000	-1177889	0.635	-492415	0.827	-150926	0.943	909235	1.420
2013	-2	1.000	-1158327	0.648	-285749	0.899	-64874	0.976	742524	1.320
2014	-2	1.000	-1163944	0.643	-69058	0.974	-144325	0.947	538160	1.227
累计	-2195		-7416182		-854279		-3968611		7175792	

保持不变,其贡献值为0,贡献率为1,因此在表1、表2中不再列出。

由表1数据可知,将瓦斯排放纳入能源结构考虑时,能源结构和煤炭企业数量两个因素对山东省煤炭产业碳排放历年贡献值均为正值,贡献率均大于1,表明能源结构和煤炭企业数量对碳排放具有持续推动作用;能源强度和人口强度两个因素对山东省煤炭产业碳排放历年贡献值均为负值,贡献率均小于1,表明能源强度和人口强度对碳排放具有持续抑制作用;人均生产总值对山东省煤炭产业碳排放贡献值有正有负,但其历年累计贡献值为负值,因此在研究期内对碳排放整体呈现抑制作用。

由表2数据可知,将瓦斯排放从能源结构中剥离时,能源结构因素对山东省煤炭产业碳排放历年贡献值变为负值,表明能源结构对碳排放具有持续抑制作用,与考虑瓦斯排放时的驱动效应截然相反;其他因素仅在数值上有相应改变,但其对碳排放的驱动方向没有改变。

2. 驱动因素趋势变化与驱动效应分析

为进一步摸清各个因素对山东省煤炭产业碳排放的影响机理和变化趋势,根据表1绘制含瓦斯时,六因素对碳排放的贡献值走势图(如图1所示),根据表2绘制不含瓦斯时,六因素对碳排放的贡献值走势图(如图2所示);同时为了更清晰、直观的定量比较各个因素对山东省煤炭产业碳排放的影响程度,本文将累计贡献值为负值的各因素的贡献率(小于1)取倒数,从而使

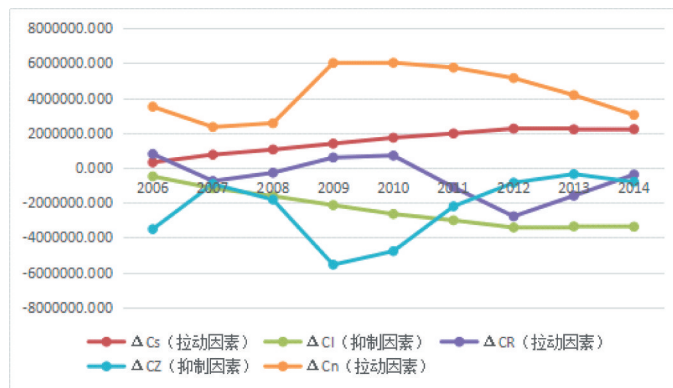


图1 六因素对山东省煤炭产业碳排放贡献值(含瓦斯项)

得导致山东省煤炭产业碳排放量增加的贡献率转变为导致其碳排放降低的贡献率,从而可以直接比较拉动因素和抑制因素之间的贡献率大小。据此,由表1可分别绘制含瓦斯时,六因素对碳排放贡献率走势图(如图3所示),由表2可绘制不含瓦斯时,六因素对碳排放贡献率走势图(如图4所示)。按时间序列具体分析如下:

(1) 能源结构驱动效应

按照本文提出的煤炭矿区碳排放测算方法,考虑因瓦斯排放而引起的碳排放增加,将瓦斯排放纳入能源消费考虑,能源结构因素历年贡献值均为正值。通过图1可知,其贡献值从2006至2012年持续增加,2013至2014年有所下降,整体呈现上升趋势;结合图3所示,能源结构贡献率变化趋势呈现相同变化趋势。

按当前碳排放测算体系,瓦斯排放未被考虑,能源结构因素历年贡献值均为负值(如图2所示),但贡献值较小。同时由图4可知,其对山东煤炭产业碳排放贡献率也很小,表明能源结构对山东省煤炭产业碳排放的抑制作用十分微弱,煤炭产业能源结构优化措施未能取得突破性变化。

通过对比考虑瓦斯排放和未考虑瓦斯排放两种情况,结果表明瓦斯排放对山东省煤炭产业碳排放的影响极大,实现瓦斯的回收利用将对山东省煤炭产业碳排放的降低发挥重要作用。

(2) 能源强度驱动效应

在考虑瓦斯排放时,由图1和图3所示,能源强度贡献值的绝对值和贡献率2006至2012年呈现持续增长趋势,2013–2014年贡献值绝对值和贡献率有所减少,这一变化趋势与山东省煤炭产业能源强度变化趋势相一致。山东省煤炭产业2006至2014年能源强度如图5所示(煤炭产业产值均为2005年不变价)。可见,山东省煤炭产业能源强度的提高,会促进碳排放的增加;能源强度的降低,会抑制碳排放的增加。从累计效应来看,能源强度在碳排放抑制因素中,贡献值的绝对值最大,是山东省煤炭产业碳排放的第一大抑制因素。在不考虑瓦斯排放时,其变化趋势与上述情况相同。

由于能源强度与技术进步直接相关,因此上述分析结果表明2006年至2012年山东省煤炭产业技

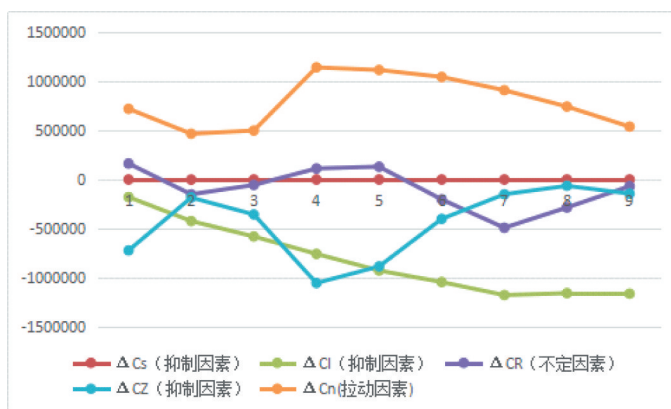


图2 六因素对山东省煤炭产业碳排放贡献值(不含瓦斯项)

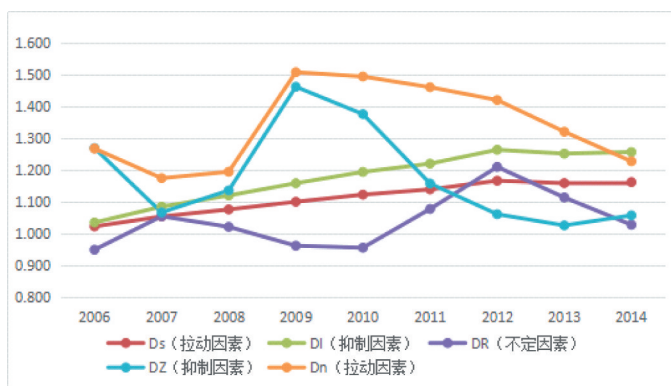


图3 六因素对山东省煤炭产业碳排放贡献率(含瓦斯项)

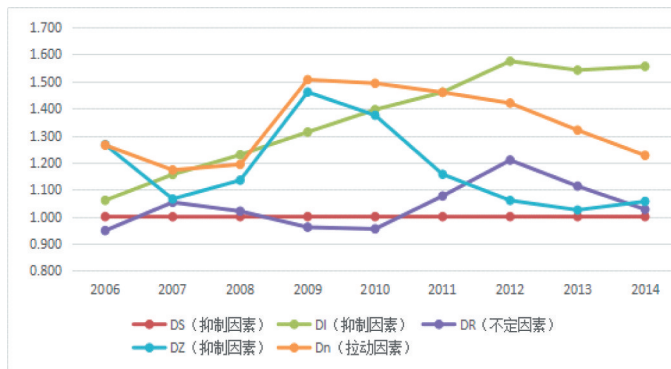


图4 六因素对山东省煤炭产业碳排放贡献率(不含瓦斯项)

术引进、设备更新在不断提高其能源利用效率;但从2012年开始,能源强度的碳排放贡献率开始回升,表明相关技术投入有所减少,主要是2012年煤炭产业开始走低,各个煤炭企业开始减少技术研发投入,以降低企业生产成本支出,应对煤炭价格下跌所致。

(3) 人均生产总值驱动效应

在考虑瓦斯排放情况下,人均生产总值(按2005年不变价格计算)逐年效应波动较大,2006年及2009至2010年其贡献值为正值,2007至2008、2011至2014年其贡献值为负值(如图1所示),其贡献值的变化趋势与人均生产总值的变化趋势基本保持一致,山东省人均煤炭生产总值趋势图如图6所示。不难看出,人均生产总值降低将会导致其对碳排放的贡献值下降,人均生产总值增加会引起其对碳排放贡献值的增加。在不考虑瓦斯排放时,其对碳排放贡献值的绝对值下降,但整体变化趋势不变。

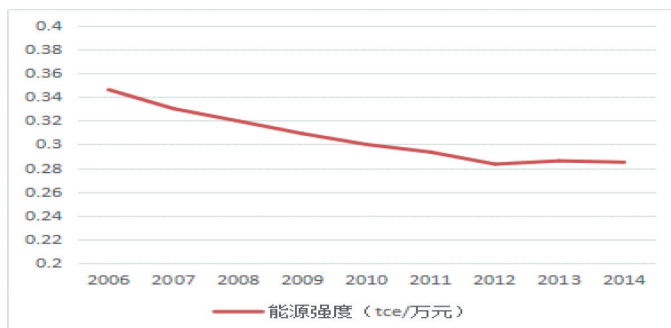


图5 山东省2006年-2014年煤炭产业能源强度

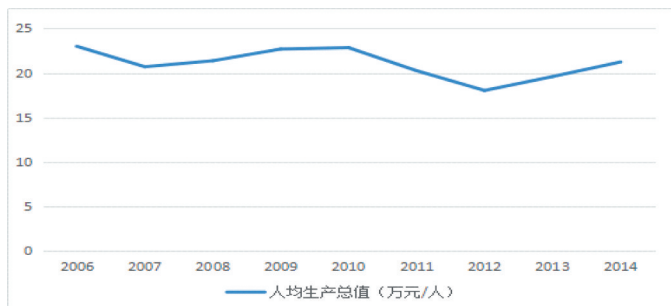


图6 山东省煤炭产业2006-2014年人均生产总值

(4) 人口强度驱动效应

对比图1和图2可知,是否考虑瓦斯排放对人口强度的驱动效应作用方向 and 变化趋势影响不大,此处不再分情况讨论。人口强度因素逐年效应变化较大,但其对山东省煤炭产业碳排放量具有持续抑制作用,如图1和图3所示,2006至2007年,其贡献值的绝对值逐渐减小,抑制效应贡献率减小;2007至2009年,其贡献值的绝对值逐渐增大,抑制效应贡献率逐渐增大;2009至2013年,其贡献值的绝对值逐渐减小,抑制效应贡献率逐渐减小;2014年其贡献值和贡献率略有回升。该变化趋势去山东省煤炭产业从业人口数量变化趋势(如图7所示)基本保持一致。不难看出,从业人口数量的增加会导致人口强度对碳排放抑制效应贡献率的减小,从业人口数量的减少会导致人口强度对碳排放抑制效应贡献率的增加。因此,采取措施降低煤炭企业从业人口数量是降低山东省煤炭产业碳排放的措施之一。

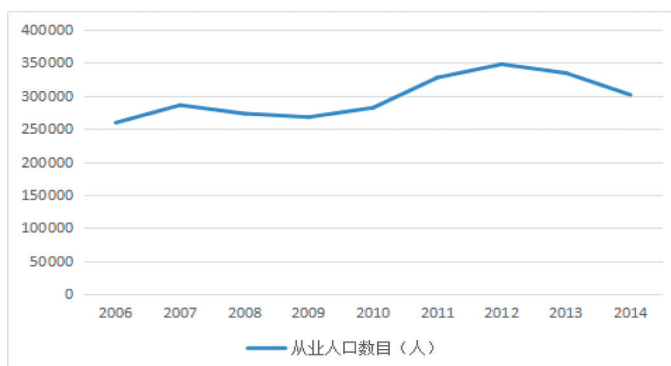


图7 山东省煤炭产业2006-2014年从业人口数

(5) 煤炭企业数量驱动效应

对比图1、图2所示,煤炭企业数量因素对碳排放量的作用方向 and 变化趋势基本相同,因此,不再针对瓦斯排放因素分情况讨论。煤炭企业数量驱动效应波动较大(如图1所示),但其始终保持对碳排放的拉动作用;由图3可知,煤炭企业数量对碳排放拉动作用的贡献率最大,是山东煤炭产业碳排放最主要的拉动因素,其拉动作用于2009年达到最大,贡献率为1.507,主要原因是山东省在煤炭黄

金发展时期,大量煤矿投入生产所致;之后开始缓慢下降,截止到2014年下降为1.226,是因为山东省对煤炭企业进行整顿、合并,关停大量小型煤矿所致。由此不难看出,通过政府行为控制煤炭企业数量也是煤炭产业碳排放控制的有效手段之一。

五、结论与建议

本文研究结果表明,相比不考虑非能耗碳排放的计算结果,当考虑非能耗因素时,能源强度和人口强度对煤炭产业碳排放的驱动方向不变,均为抑制作用,能源强度的抑制作用最强,人口强度次之;人均工业总产值、企业数量同样未发生方向性变化,均表现出拉动作用,但人均工业总产值因素的拉动效果增强;能源结构因素的驱动方向发生变化,由抑制作用转变为促进作用。结合研究结果提出以下五点针对性建议:

第一,对比分析结果可知,瓦斯排放对山东省煤炭产业碳排放具有极大推动作用,因此积极研发应用瓦斯抽放技术和乏风瓦斯回收技术,降低瓦斯排放量,能够大大降低山东省煤炭产业碳排放水平;第二,在煤炭产业能源消费碳排放中,能源结构表现出微弱的抑制作用,表明煤炭产业能源结构仍有进一步优化空间,煤炭企业应结合煤炭矿区伴共生能源丰富的特点,积极开展煤炭企业能源综合利用,增加地热、余热集成利用量,进一步优化煤炭产业能源消费结构;第三,2012年之前,能源强度对山东省煤炭产业碳排放的抑制贡献率持续稳定增加;2012年之后其抑制贡献率开始下降,这与2012年后,煤炭产业走低,设备更新、技术研发等资金投入降低有较大关系。因此,要进一步保持能源强度对山东省煤炭产业碳排放的高抑制效应,必须积极增加相关技术和设备的投入,提高其能源利用效率。第四,人口强度是山东省煤炭产业碳排放的第二大抑制因素,与煤炭企业现代化导致的从业人口数量减少不无关系。今后山东省煤炭产业应该持续推动机械化、现代化生产,同时优化煤炭企业内部结构,降低煤炭产业从业人口数量,进而降低山东省煤炭产业碳排放量。第五,煤炭企业数量是山东省煤炭产业碳排放最大的推动因素,但以2009年为节点,其对碳排放增加的贡献值开始下降,这与山东省关停、合并小型煤矿有密切联系。今后山东省应在煤炭产业推行矿井大型化;同时提高煤炭企业产量的下限值,关停产量低、经济效益差的煤矿,进而降低煤炭企业数量这一因素对山东省煤炭产业碳排放量的推动作用。

参考文献

1. 王常凯、谢宏佐:《中国电力碳排放动态特征及影响因素研究》,〔济南〕《中国人口·资源与环境》2015年第4期。
2. 渠慎宁、郭朝先:《基于STIRPAT模型的中国碳排放峰值预测研究》,〔济南〕《中国人口·资源与环境》2010年第12期。
3. 孙作人、周德群、周鹏:《碳排放驱动因素分解的IPDA模型与实证研究》,〔长沙〕《系统工程》2013年第8期。
4. Zhao X, Ma Q, Yang R. Factors Influencing CO₂ Emissions in China's Power Industry: Co-integration Analysis. Energy Policy, 2013(57):89-98.
5. 林伯强:《电力消费与中国经济增长:基于生产函数的研究》,〔北京〕《管理世界》2003年第11期。
6. Wang, W., Liu, R., Zhang, M., et al. Decomposing the Decoupling of Energy-related CO₂ Emissions and Economic Growth in Jiangsu Province. Energy for Sustainable Development, 2013, 17(1): 62-71.
7. Ang B W. Decomposition analysis for policy making in energy: Which is the preferred Method?. Energy Policy, 2004, 32(9): 1131-1139.
8. Wang C, Chen J, Zou J. Decomposition of energy-related CO₂ emission in China: 1957-2000. Energy, 2005, 30(1): 73-83.
9. 徐国泉等:《中国碳排放的因素分解模型及实证分析:1995-2004》,〔济南〕《中国人口·资源与环境》2006年第6期。
10. Liu L, Fan Y, et al. Using LMDI method to analyze the change of China's industrial CO₂ emissions from final fuel use:

An empirical analysis. Energy Policy, 2007, 35(11): 5892-5900.

11. 朱勤、彭希哲等:《中国能源消费碳排放变化的因素分解及实证分析》, [北京]《资源科学》2009年第12期。
12. 蒋金荷:《中国碳排放量测算及影响因素分析》, [北京]《资源科学》2011年第4期。
13. 张利、雷军、张小雷:《1952年-2008年新疆能源消费的碳排放变化及其影响因素分析》, [北京]《资源科学》2012年第1期。
14. 吴贤荣、张俊飏、田云、李鹏:《中国省域农业碳排放: 测算、效率变动及影响因素研究——基于 DEA-Malmquist 指数分解方法与Tobit模型运用》, [北京]《资源科学》2014年第1期。
15. 张艳、秦耀辰、闫卫阳、张金萍、张丽君、鲁丰先、王喜:《我国城市居民直接能耗的碳排放类型及影响因素》, [北京]《地理研究》2012年第2期。
16. 张艳、秦耀辰:《家庭直接能耗的碳排放影响因素研究进展》, [长沙]《经济地理》2011年第2期。
17. 王常凯、谢宏佐:《中国电力碳排放动态特征及影响因素研究》, [济南]《中国人口·资源与环境》2015年第4期。
18. 冯博、王雪青:《中国各省建筑业碳排放脱钩及影响因素研究》, [济南]《中国人口·资源与环境》2015年第4期。
19. 郭运功、林逢春等:《上海市能源利用碳排放的分解研究》, [杭州]《环境污染与防治》2009年第9期。
20. 赵欣、龙如银:《江苏省碳排放现状及因素分解实证分析》, [济南]《中国人口·资源与环境》2010年第7期。
21. 宋杰鲲:《基于LMDI的山东省能源消费碳排放因素分解》, [北京]《资源科学》2012年第1期。
22. 才庆祥、刘福明、陈树召:《露天煤矿温室气体排放计算方法》, [北京]《煤炭学报》2012年第1期。
23. 李创、咎东亮:《基于LMDI分解法的我国运输业碳排放影响因素实证研究》, [成都]《资源开发与市场》2016年第5期。
24. 宗刚、牛钦玺、迟远英:《京津冀地区能源消费碳排放因素分解分析》, [广州]《生态科学》2016年第2期。
25. 李玉敏、张友国:《中国碳排放影响因素的空间分解分析》, [武汉]《中国地质大学学报》(社会科学版)2016年第3期。
26. 李建豹、黄贤金、吴常艳、周艳、徐国良:《中国省域碳排放影响因素的空间异质性分析》, [长沙]《经济地理》2015年第11期。
27. 刘兆龙、邱坦、单吉堃:《北京和上海终端能源碳排放量影响因素研究》, [合肥]《安徽农业科学》2015年第28期。

[责任编辑: 天 则]

Research on Driving Factors of Carbon Emission in the Coal Industry from the Perspective of Non-energy Consumption — An Empirical Analysis Based on LMDI Decomposition

Li Yue Zhang Shiqiang Zhang Yi

Abstract: By availing LMDI model into 2005-2014 time series data collected from Shandong province's coal industry, we conclude the influencing factors of carbon emission: energy consumption structure, energy intensity, per capita GDP for the coal industry, population intensity of coal enterprise and number of coal enterprises. With or without the CBM emission, contribution value and contribution rate of these factors are calculated respectively. Results show that per capita GDP for the coal industry, population intensity of coal enterprise and especially energy intensity have inhibiting effect on carbon emission, though the first factor fluctuates in its driving effect. Besides, energy consumption structure and number of coal enterprises consistently raise carbon emission. However, energy consumption structure's driving effect converts into inhibiting one if CBM emission not taken into account, which reveals the great impact of CBM emissions on coal industry. Lastly, several relative strategic suggestions are offered.

Keywords: LMDI; coal industry; carbon emission; factor decomposition; non-energy consumption