

基于 LMDI 的东北老工业基地工业碳排放影响因素实证分析

李绍萍¹, 王 倩¹, 刘 洋²

(1. 东北石油大学 石油经济与管理研究所, 黑龙江 大庆 163318; 2. 东北石油大学 秦皇岛分校, 河北 秦皇岛 066004)

[摘 要] 近年来,随着全球气候变暖和生态环境恶化,碳排放的影响因素备受关注,已经成为各领域研究的热点问题之一。以东北老工业基地 1997—2011 年工业增加值和能源消耗等数据为基础,利用 LMDI 因素分解模型,针对东北老工业基地工业碳排放量变化的影响因素进行实证分析,结果表明:人口规模、经济发展和工业化率因素是东北老工业基地工业碳排放量增加的拉动因素,其中经济发展是工业碳排放量增加的最主要原因;能源利用效率和能源消费结构因素是东北老工业基地工业碳排放量增加的抑制因素,其中能源利用效率因素对工业碳排放量增加的抑制作用最显著,东北老工业基地在未来的发展中应走低能耗、低污染、低排放的低碳排放模式。

[关键词] 东北老工业基地;工业碳排放;影响因素;LMDI 模型

[中图分类号] X321 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-5595(2013)04-0018-05

近年来,随着经济高速发展、人口持续膨胀和工业化、城市化进程的进一步推进,能源消费剧增,生态环境日益恶化,特别是温室气体排放引起的气候变暖已严重威胁到人类的生存和发展,低碳经济受到世界各国的普遍关注,成为应对气候变化、实现经济可持续发展的首选战略^[1]。东北老工业基地是中国碳排放的重灾区,不可避免地成为全国碳减排的首要对象,而工业又是其能源消费的主力军,因此,分析东北老工业基地工业碳排放量变化的影响因素,找出控制或降低碳排放量的措施,对于节能减排、促进东北老工业基地低碳经济发展具有重要的现实意义。本文针对东北老工业基地工业碳排放量变化的影响因素,利用对数平均迪氏指数法(Logarithmic Mean Divisia Index method, LMDI)进行因素分解并对模型展开研究,旨在为东北老工业基地未来的节能减排提供实证参考,据此提出控制碳排放的政策建议,以促进东北老工业基地低碳经济的发展,实现东北老工业基地的振兴和长期可持续发展。

一、分解模型的建立

基于对数平均迪氏指数法对碳排放影响因素分析的优越性(全分解、无残差、易使用、易理解),本文采用该方法分析东北老工业基地工业碳排放量变化的影响因素,因为 LMDI 分解法在理论基础、适用范围和结果表达等综合方面相对较优,分解结果有加法和乘法两种形式,易于转换且一致,不存在无法分解的残差,可以用于绝大多数情形的分析,所以, LMDI 分解法是目前对能源分析的一种重要分析方法,具有表达性和实用性^[2]。

工业碳排放的影响因素很多,鉴于东北老工业基地的研究重点在人口规模、经济发展水平、工业化率、能源利用效率、能源消费结构和碳排放系数对工业碳排放量变化的影响,建立下面的工业碳排放影响因素分解模型

$$C = \sum_i C_i = \sum_i P \times \frac{Q}{P} \times \frac{G}{Q} \times \frac{E}{G} \times \frac{E_i}{E} \times R_i ; \tag{1}$$

$$C = \sum_i C_i = \sum_i P \times Y \times L \times M \times N_i \times R_i 。 \tag{2}$$

由式(2)可知,碳排放总量 C 的变化取决于 P

[收稿日期] 2012-12-29
[基金项目] 国家社科基金一般项目(12BJY076);黑龙江省教育厅人文社会科学研究项目(12522001)
[作者简介] 李绍萍(1964-),女,吉林双辽人,东北石油大学石油经济与管理研究所教授,博士,从事区域经济、可持续发展及财税政策研究。

(人口规模因素)、 Y (经济发展水平因素)、 L (工业化率因素)、 M (能源利用效率因素)、 N_i (能源消费结构因素)、 R_i 的变化(碳排放系数因素)^[3]。

第 t 期相对于基期的碳排放总量变化的影响因素可以分解为 6 个因素,具体如下:

加法模式

$$\Delta C=C^t-C^0=\Delta C_P+\Delta C_Y+\Delta C_L+\Delta C_M+\Delta C_N+\Delta C_R;$$

(3)

乘法模式

$$D=\frac{C^t}{C^0}=D_P\times D_Y\times D_L\times D_M\times D_N\times D_R。$$

(4)

式(3)中的 ΔC_P 、 ΔC_Y 、 ΔC_L 、 ΔC_M 、 ΔC_N 、 ΔC_R 分别代表各因素变化对碳排放总量变化的贡献值;式(4)中的 D_P 、 D_Y 、 D_L 、 D_M 、 D_N 、 D_R 分别代表各因素变化对碳排放总量变化的贡献率。

根据 LMDI 方法对东北老工业基地工业碳排放总量进行分解,各影响因素的分解结果如下^[4]:

加法分解模式下有

$$W'_i=\frac{C^t_i-C^0_i}{\ln C^t_i-\ln C^0_i};$$
$$\Delta C_P=\sum_i W'_i \ln\left(\frac{P^t}{P^0}\right);$$

$$\Delta C_Y=\sum_i W'_i \ln\left(\frac{Y^t}{Y^0}\right);$$

$$\Delta C_L=\sum_i W'_i \ln\left(\frac{L^t}{L^0}\right);$$

$$\Delta C_M=\sum_i W'_i \ln\left(\frac{M^t}{M^0}\right);$$

$$\Delta C_N=\sum_i W'_i \ln\left(\frac{N^t_i}{N^0_i}\right);$$

$$\Delta C_R=\sum_i W'_i \ln\left(\frac{R^t_i}{R^0_i}\right)。$$

乘法分解模式下有

$$W=\frac{\ln C^t-\ln C^0}{C^t-C^0};$$

$$D_P=\exp(W\Delta C_P);$$

$$D_Y=\exp(W\Delta C_Y);$$

$$D_L=\exp(W\Delta C_L);$$

$$D_M=\exp(W\Delta C_M);$$

$$D_N=\exp(W\Delta C_N);$$

$$D_R=\exp(W\Delta C_R)。$$

以上各变量的含义及描述见表 1。

表 1 因素分解模型中各变量的定义

变量	含义及描述	变量	含义及描述
i	能源种类	R_i	i 种能源的碳排放系数
P	人口数/人口规模	C	工业碳排放总量
Q	东北三省全部生产总值	Y	经济发展水平,即人均 GDP
G	东北三省工业增加值	L	工业化率,即工业增加值占国内生产总值比例
E	东北三省能源消费总量	M	能源利用效率,即单位工业 GDP 能耗
E_i	东北三省 i 种能源消费量	N_i	能源消费结构,即 i 种能源消费量占总消费量比例

二、数据来源及处理

东北老工业基地工业增加值和工业能源消费的原始数据来源于 1997—2011 年东北三省历年《统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》,以原始数据为基础,按照以下方法进行数据处理:

由于工业总产值中存在固有的双倍计量问题,本文以工业增加值来计算工业化率和能源利用效率,同时,数据以 1997 年为基准,根据相应的工业产值指数统一折算成 1997 年不变价格,不变价工业 GDP=基准工业 GDP×工业产值指数。因为随着经济发展,价格是不断变化的,所以,以现价工业 GDP 计算的碳排放总量是不能直接对比的^[5]。

由于能源种类过多,且有些种类消费量较低,本文按照一次能源终端消费的分类将工业能源消费划分为原煤、原油、天然气三种能源种类进行碳排放总量的分析。

目前,东北老工业基地还没有碳排放量的直接检测数据,本文通过能源消费量来估算碳排放量: $C=\sum_i E_i R_i$ 。由于原始数据中各种能源消费均为实物统计量,单位各不相同,不便于比较,因此,在进行计算时首先需要将各种能源消费实物量按照一定的系数统一折算成标准煤数量,然后再乘以各自的碳排放系数,即可得到各种能源消费的碳排放量^[6]。各种能源的标准煤折算系数和碳排放系数见表 2 和表 3。

表 2 各种能源标准煤折算系数 kg 标准煤

能源种类	折算系数
原煤	0.714 3
原油	1.428 6
天然气	1.330 0

资料来源:中国科学院可持续发展战略研究组的《2009 中国可持续发展战略报告——探索中国特色的低碳道路》。

表 3 各种能源碳排放系数

吨碳/吨标准煤	
能源种类	碳排放系数
原煤	0.7476
原油	0.5854
天然气	0.4479

资料来源:中国科学院可持续发展战略研究组的《2009 中国可持续发展战略报告——探索中国 特色的低碳道路》。

表 4 1997—2011 年东北老工业基地工业碳排放量的基础数据

年份	人口 (万人)	人均 (万元/人)	工业化率 (%)	能源消费							碳排放 总量 (万吨)
				总量 (万吨)	原煤 (万吨)	比例 (%)	原油 (万吨)	比例 (%)	天然气 (万吨)	比例 (%)	
1997	10428.2	0.74	43.65	4082.6	3391.0	83.06	254.6	6.24	437.0	10.70	2879.9
1998	10466.6	0.80	43.27	3494.1	2758.8	78.96	240.2	6.88	495.0	14.17	2424.8
1999	10511.3	0.86	41.41	3477.7	2718.9	78.18	249.6	7.18	509.3	14.64	2406.8
2000	10569.6	0.93	39.18	4161.0	3210.1	77.15	416.1	10.00	534.8	12.85	2883.0
2001	10595.1	1.01	38.10	3845.1	2923.6	76.03	442.0	11.49	479.6	12.47	2659.2
2002	10617.8	1.11	37.59	3700.0	2623.1	70.89	610.3	16.50	466.6	12.61	2527.3
2003	10635.2	1.23	35.89	3901.4	2905.0	74.46	550.9	14.12	445.6	11.42	2693.8
2004	10651.5	1.38	33.20	4186.9	3185.1	76.07	602.3	14.39	399.5	9.54	2912.7
2005	10678.6	1.54	33.74	4688.5	3504.6	74.75	728.0	15.53	455.9	9.72	3250.4
2006	10712.9	1.75	33.23	5743.0	4249.9	74.00	1017.2	17.71	475.9	8.29	3985.9
2007	10751.8	1.99	33.72	6235.8	4471.0	71.70	1179.7	18.92	585.2	9.38	4295.2
2008	10781.6	2.25	33.91	5439.2	4195.6	77.14	644.0	11.84	599.6	11.02	3782.2
2009	10801.5	2.53	34.41	5979.1	4484.3	75.00	941.2	15.74	553.5	9.26	4151.4
2010	10808.9	2.87	35.83	6641.3	5074.7	76.41	977.0	14.71	589.6	8.88	4629.9
2011	10815.5	3.23	36.46	7576.9	5551.4	73.27	1093.0	14.43	932.5	12.31	5207.8

三、实证结果及分析

通过整理得到的基础数据,根据上述加法和乘法计算公式,对东北老工业基地工业碳排放量进行

鉴于各种能源在不同年份碳排放系数变化较小,可以忽略不计,假定它们是不变的,本文在因素分解过程中碳排放变化的贡献值都是 0,贡献率都是 1^[7]。

经过上述程序后,计算整理得到东北老工业基地工业碳排放影响因素分析的基础数据,见表 4。另外,本文用 Excel 进行数据处理和统计分析。

表 5 1998—2011 年东北老工业基地工业碳排放量变化的影响因素分解效果

年份	总量变化		人口规模		经济发展		工业化率		能源效率		能源结构	
	ΔC (万吨)	D	ΔC_P (万吨)	D_P	ΔC_Y (万吨)	D_Y	ΔC_L (万吨)	D_L	ΔC_M (万吨)	D_M	ΔC_N (万吨)	D_N
1998	-455.1	0.84	9.7	1.004	204.3	1.08	-23.2	0.99	-602.4	0.80	-43.5	0.98
1999	-18.0	0.99	10.3	1.004	174.8	1.08	-106.1	0.96	-90.3	0.96	-6.7	1.00
2000	476.2	1.20	14.6	1.006	205.4	1.08	-146.2	0.95	399.0	1.16	3.4	1.00
2001	-223.8	0.92	6.7	1.002	236.1	1.09	-77.2	0.97	-384.2	0.87	-5.2	1.00
2002	-131.9	0.95	5.5	1.002	242.7	1.10	-34.6	0.99	-313.2	0.89	-32.3	0.99
2003	166.5	1.07	4.3	1.002	263.2	1.11	-120.8	0.95	-8.5	1.00	28.3	1.01
2004	218.9	1.08	4.3	1.002	320.9	1.12	-218.5	0.92	91.1	1.03	21.1	1.01
2005	337.7	1.12	7.8	1.005	346.9	1.12	49.9	1.02	-56.3	0.98	-10.6	1.00
2006	735.5	1.23	11.6	1.003	449.6	1.13	-55.6	0.98	325.8	1.09	4.2	1.00
2007	309.3	1.08	15.0	1.004	534.9	1.14	60.8	1.01	-270.1	0.94	-31.3	0.99
2008	-513.0	0.88	1.1	1.003	494.1	1.13	22.6	1.01	-1077.6	0.77	36.7	1.01
2009	369.2	1.10	7.3	1.002	464.5	1.12	58.4	1.01	-155.5	0.96	-5.6	1.00
2010	478.5	1.12	3.0	1.001	557.8	1.14	177.1	1.04	-277.3	0.94	17.8	1.00
2011	577.9	1.12	3.0	1.001	577.9	1.12	85.7	1.02	-19.5	1.00	-69.2	0.99

(一) 东北老工业基地工业碳排放量的总体变化趋势

从表 5 和图 1 中可以看出,东北老工业基地工业碳排放量的总体变化趋势大致表现为明显的两阶

段特征:第一阶段为碳排放减少阶段(1997—2002),但整体下降速度变缓,且 2000 年出现了一个拐点,碳排放量增加了 476.2 万吨;第二阶段为碳排放增加阶段(2002—2011),整体增加速度变快,

2008 年出现了一个拐点,碳排放量减少了 513.0 万吨,这可能是受绿色奥运等外部因素的影响,使碳排放量有所下降。总体而言,东北老工业基地工业碳排放量是不断增加的,虽然在 1997—2002 年期间有所下降,但其后一直呈快速增长的趋势,这表明近年来随着振兴东北老工业基地战略的实施和进一步推进,经济得以迅速发展的同时,能源消耗量剧增,东北老工业基地工业碳排放量也呈现出较快增长的趋势^[8]。

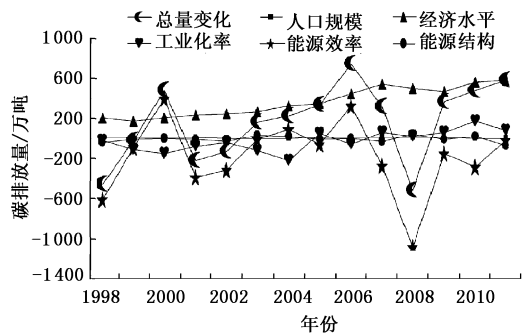


图 1 工业碳排放量变化贡献值趋势

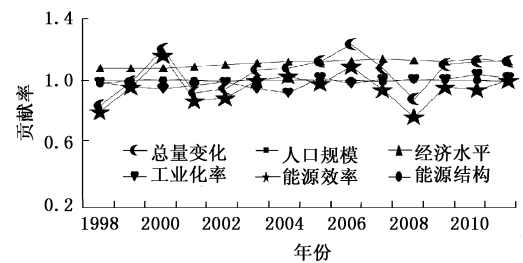


图 2 工业碳排放量变化贡献率趋势

(二) 东北老工业基地工业碳排放量的影响因素分析

为了进一步分析东北老工业基地工业碳排放量变化的内在机理,找出控制或降低工业碳排放量的措施,下面对各影响因素进行具体分析。一般而言,贡献率大于 1 是碳排放量增加的拉动因素,反之贡献率小于 1 是其抑制因素。

1. 人口规模因素分析
- 由表 4 可知,2011 年东北老工业基地人口数为 10815.5 万人,较 1997 年增加了 387.3 万人,说明近年来东北老工业基地人口增长较为缓慢。而根据 LMDI 分解结果可以看出,人口规模因素对工业碳排放量的贡献值较小,且其贡献率大于 1,见表 5,说明人口规模因素是工业碳排放量增加的拉动因素,但在其变动不大的情况下,贡献值和贡献率都比较小,且保持相对稳定的状态。
2. 经济发展因素分析
- 从分解结果中可以看出,经济发展一直是东北老工业基地工业碳排放量增加的主要贡献因素,且

其贡献值呈现不断增加的趋势,由 1998 年的 204.3 万吨增加到 2011 年的 577.9 万吨,其贡献率则由 1998 年的 1.08 增长到 1.12,说明经济发展始终是推动东北老工业基地工业碳排放量增加的主要因素,对碳排放量的影响最大,且其拉动作用越来越显著,呈不断增强的趋势。

3. 工业化率因素分析
- 工业化率对东北老工业基地工业碳排放量的贡献值有正也有负,1997—2004 年贡献值为负,2004—2011 年贡献值除 2006 年为负外,其他年份都为正,且每阶段内具有一定的变化幅度,这是因为自 2004 年初国家正式实施振兴东北老工业基地战略后,东北老工业基地迅猛发展,工业化率不断提高,工业能源消耗增加,这在一定程度上导致了工业碳排放量的增加。
4. 能源效率因素分析
- 能源效率对东北老工业基地工业碳排放量的贡献值整体为负(除 2000、2004 和 2006 年 3 个拐点外),且其贡献值的绝对值较大,其中 2008 年能源效率对工业碳排放量的抑制作用最大,使碳排放量减少了 1077.6 万吨,这说明能源效率是减缓工业碳排放量最重要的因素,是实现碳减排目标最关键的可行因素。
5. 能源结构因素分析
- 能源消费结构对东北老工业基地工业碳排放量的贡献同时存在正效应和负效应,且其对碳排放量增加的抑制作用较小,其贡献值基本保持在一定的范围内,反映了近年来东北老工业基地能源消费结构未能得到有效改善,有待进一步优化,以充分发挥其对工业碳排放量增加的抑制作用。

四、结论

在东北老工业基地工业碳排放影响因素分解的基础上,通过对各影响因素的实证分析,本文主要得到以下几点结论:

- 人口规模、经济发展和工业化率因素是东北老工业基地工业碳排放量增加的拉动因素,其中经济发展是工业碳排放量增加的最主要原因,工业化率的贡献值和贡献率次之,人口规模对工业碳排放影响的变化不大。
- 能源利用效率和能源消费结构因素是东北老工业基地工业碳排放量增加的抑制因素,其中能源利用效率因素的抑制作用大于能源消费结构因素,能源利用效率是减缓工业碳排放量最重要的因素,能源消费结构对工业碳排放影响的变化不大。
- 总体来讲,东北老工业基地工业碳排放量不断

增加,呈现出较快的增长趋势,这主要是因为随着振兴东北老工业基地战略的实施和进一步推进,经济发展和工业化率因素的拉动作用远远大于能源利用效率和能源消费结构因素的抑制作用。

通过以上对影响东北老工业基地工业碳排放量变化因素的分析,笔者认为,在未来的工业发展中,应从以下几方面来控制或减少东北老工业基地工业碳排放量:一是引进先进的生产技术和高效节能设备,对旧设备进行更新与改造,提高能源利用效率;二是进一步优化能源消费结构,多使用天然气、太阳能、风能、水能以及地热能等清洁能源;三是大力发展高新技术产业,适当降低工业化率,特别是降低工业高能耗行业的比重。

综上所述,东北老工业基地在未来的工业发展中只有坚持走以低能耗、低污染、低排放为基本特征的低碳工业发展模式,才能实现东北老工业基地的可持续发展。

[参考文献]

[1] 温景光. 江苏省碳排放的因素分解模型及实证分析[J].

华东经济管理,2010,24(2):29-32.

[2] 郭朝先. 中国碳排放因素分解:基于 LMDI 分解技术[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(12):116-220.

[3] 徐国泉,刘则渊,姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析:1995—2004[J]. 中国人口·资源与环境,2006,16(6):158-161.

[4] 潘佳佳,李廉水. 中国工业二氧化碳排放的影响因素分析[J]. 环境科学与技术,2011,34(4):86-92.

[5] 张伟,吴文元. 基于 LMDI 的长三角都市圈工业能源强度变动的因素分解——对长三角都市圈 1996—2008 年工业部门数据的实证分析[J]. 产业经济研究,2011,54(5):69-78.

[6] 李园,张传平,谢晓慧. 中国二氧化碳排放差异及影响因素分析——基于工业分行业的实证分析[J]. 工业技术经济,2012,226(8):39-45.

[7] 刘燕娜,洪燕真,余建辉. 福建省碳排放的因素分解实证研究[J]. 技术经济,2010,29(8):58-61.

[8] 晏永刚,任宏,况明玥. 区域碳排放变化的驱动因素、分解模型与实证研究[J]. 重庆大学学报:社会科学版,2011,17(4):19-24.

[责任编辑:张岩林]

Empirical Study of the Influencing Factors of Industrial Carbon Emissions in the Northeast Old Industrial Base Based on LMDI Model

LI Shaoping¹, WANG Qian¹, LIU Yang²

(1. Institute for Petroleum Economics and Management Studies, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

2. Northeast Petroleum University at Qinhuangdao, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract: In recent years, the influencing factors of carbon emissions attract much attention and have become one of the research hotspots in all areas along with the global climate warming and ecological and environmental deterioration. Based on the data of industrial added value and energy consumption and so on from 1997 to 2011, the paper makes an empirical analysis of the influencing factors of industrial carbon emissions in the northeast old industrial base with LMDI model. The results show that the factors of population size, economic growth and industrialization rate are the pull factors of the increase in industrial carbon emissions, among which economic growth is the main reason for the increase in industrial carbon emissions. In addition, the factors of energy efficiency and energy structure are the inhibited factors, among which energy efficiency has the most obvious inhibitory effect on the increase in industrial carbon emissions. In the future development, the northeast old industrial base should take low-carbon development model, which is characterized by low energy consumption, low pollution and low emission.

Key words: northeast old industrial base; industrial carbon emissions; influencing factors; LMDI model