

区域碳排放变化的驱动因素、分解模型与实证研究

晏永刚,任宏,况明玥

(重庆大学建设管理与房地产学院,重庆 400045)

摘要:在分析区域碳排放变化驱动因素(能源结构、能源排放强度、能源效率、经济发展)的基础上,运用对数平均权重分解法(LMDI)构建了区域碳排放变化的因素分解模型。进而以重庆市为例,采集重庆市1997-2009年的能源、人口、经济等基础数据对碳排放变化的驱动因素进行实证研究。结果表明:重庆市碳排放总量与人均碳排放量随时间序列呈现逐渐上升的趋势,二者的演变趋势极为相似,均表现为明显的两阶段(平稳演进和快速演进)特征。碳排放变化因素分析显示,经济发展因素对人均碳排放量的贡献值逐年增大,构成拉动重庆碳排放量快速增长的主要驱动因素;能源效率因素对人均碳排放量发挥了较大的抑制作用,其抑制效应随研究时序逐渐增强;而能源结构因素对人均碳排放量的抑制效应不太明显。最后提出了控制重庆市碳排放的政策建议。

关键词:区域碳排放;因素分解模型;驱动因素;实证研究

中图分类号:X196 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2011)04-0019-06

一、引言

近年来,伴随着中国经济的不断发展和工业化、城市化进程的加速推进,中国能源消费持续快速增长、生态环境日益恶化。目前,中国不仅是世界上第二大能源生产国和消费国,同时也是世界上第二大CO₂排放国(仅次于美国)。据有关研究,中国能源消费产生的CO₂占中国碳排放总量的75%^[1],预计到2030年,中国碳排放总量很可能超过美国,居世界第一位^[2]。因此,有效降低碳排放量、积极探索节能减排的新途径、加速发展低碳经济既是实现地区经济又快又好发展目标的基本要求,亦是区域经济健康、协调、可持续发展的战略选择与重要保障。

当前,控制和降低碳排放问题已经逐渐成为学术界、企业界和政府广泛关注的焦点,国内外许多专家学者也纷纷围绕碳排放问题展开了大量的研究探讨。通过梳理碳排放的相关研究文献,发现现有研究主要集中在碳排放机理、碳排放与经济增长的关系、碳排放与能源结构演进、碳减排的发展对策及实施途径等方面。就碳排放影响因素的定量研究层面而言,主流研究趋势是基于各种因素分析法、计量经济模型、环境库茨涅茨曲线(EKC)模型、IPAT模型对时间序列数据进行综合分析。其中,比较具有代表性的研究成果有:Wang等采用对数均值迪

收稿日期:2011-01-17

基金项目:重庆市软科学计划资助项目“重庆市循环经济评价指标体系与监测方法研究”(CSTC, 2007CE9072);重庆大学青年社科基金项目“老工业基地向低碳城市转型及其框架体系研究——以重庆市为例”(CDSK2009-29)

作者简介:晏永刚(1983-),男,江西高安人,重庆大学建设管理与房地产学院博士研究生,主要从事城市生态经济学、区域经济学研究。

氏分解法(LMDI)对中国1957-2000年的CO₂进行因素分解研究,结果表明代表技术因素的能源强度是减少碳排放的最重要因素^[3];徐国泉等采用对数平均权重 Divisia 分解法定量分析了能源结构、能源效率和经济发展对中国人均碳排放的影响^[4];宁学敏基于协整理论和误差修正模型对中国1988-2007年碳排放量和商品出口的相关关系进行研究^[5];许广月、宋德勇运用面板单位根和协整检验方法研究了中国碳排放环境库兹涅茨曲线的存在性^[6];刘扬、陈劲锋基于IPAT方程对经济增长与碳排放之间的关系进行了理论分析,并采集典型发达国家碳排放历史数据对经济增长与碳排放关系演化进行实证分析^[7]。综上所述,学术界对碳排放的研究日趋成熟、研究视角各具特色、研究方法日趋合理,对中国碳减排政策的科学制定起到了重要的参考作用,但基于区域碳排放层面的研究文献却鲜有见到,尤其是同时从区域中观维度与时序演变维度展开碳排放变化机理研究的文献更是寥寥无几。鉴于此,笔者在前人研究的基础上,尝试从理论与实证角度系统深入分析区域中观层面碳排放变化的驱动因素,并构建分解模型以定量刻度区域碳排放变化驱动因素的影响效应;进而以重庆市为例,采集重庆市1997-2008年能源、人口、经济基础数据予以实证分析;最后在此基础上提出控制重庆市碳排放的政策建议,以期为持续推进区域节能减排提供决策参考和理论依据。

二、区域碳排放变化的驱动因素

区域碳排放系统是一个复杂系统,就广义层面而言,主要分为自然碳排放系统和人为碳排放系统。据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)的估算,由化石能源消费所引致的二氧化碳排放(来源于人为碳排放系统)占排放总量的3/4左右^[8]。事实上,影响碳排放的实际驱动因素众多,不仅包括一些宏观因素,如科技进步、国际贸易、固定资产投资、资源开发利用程度、人口城市化等,而且也包括部分微观因素,如家庭模式、消费理念、人文发展、城镇居民人均收入等方面。鉴于此,根据碳排放的区域差异和产业差异特征,基于区域碳足迹追踪的思维理念,坚持因素分解的系统层次性、全面代表性、科学指导性、动态开放性以及实践操作性等原则,在参阅最新国内外有关碳排放影响因素研究文献的基础上,按照“文献研究法→频度统计法→专家咨询法→驱动因素筛选”的研究思路,对影响区域碳排放的众多因素进行分析、梳理,最终确定表征区域碳排放变化驱动因素的主导因子。经过综合权衡和系统分析,本研究将区域碳排放总量变化的驱动因素分解为4个层面,分别为能源结构因素(Energy Structure Factor,简称ESF)、能源排放强度因素(Energy Intensity Factor,简称EIF)、能源效率因素(Energy Efficiency Factor,简称EEF)、经济发展因素(Economic Development Factor,简称EDF),以力求全面反映各驱动因素对区域碳排放变化的作用机理及贡献效应。

三、区域碳排放变化的分解模型

基于区域碳排放总量变动的驱动因素来自于上述4个层面,笔者运用因素分解方法构建碳排放变化的分解模型来分析区域碳排放总量变化的机制,以揭示各驱动因素对碳足迹的贡献率。

首先,碳排放总量的基本公式可以通过式(1)来加以刻度:

$$TC^t = \sum_i TC_i^t = \sum_i \frac{FE_i^t}{TE^t} \times \frac{TC_i^t}{FE_i^t} \times \frac{TE^t}{GDP^t} \times \frac{GDP^t}{POP^t} \times POP^t \quad (1)$$

式中:TC^t为第t年的碳排放总量;TC_i^t为第t年i种能源的碳排放量;TE^t为第t年一次能源消费总量;FE_i^t为第t年i种化石能源的消费量;GDP^t为第t年的地区生产总值(GDP);POP^t为第t年的人口数量。

$$\text{其次,令 } \frac{FE_i^t}{TE^t} = ESF_i^t, \frac{TC_i^t}{FE_i^t} = EIF_i^t, \frac{TE^t}{GDP^t} = EEF^t,$$

$$\frac{GDP^t}{POP^t} = EDF^t;$$

其中:ESF_i^t为第t年i种能源占能源消费总量的比例,表征能源结构效应;EIF_i^t为第t年消费单位i种能源的碳排放量,表征能源排放强度效应;EEF^t为第t年单位GDP的能源消耗,表征能源效率效应;EDF^t为t年人均GDP,表征经济发展效应。

则区域碳排放变化的分解模型可以表示为:

$$TC^t = \sum_i ESF_i^t \times EIF_i^t \times EEF^t \times EDF^t \times POP^t \quad (2)$$

$$\text{令 } \frac{TC^t}{POP^t} = AC^t,$$

$$\text{则有: } AC^t = \sum_i ESF_i^t \times EIF_i^t \times EEF^t \times EDF^t \quad (3)$$

式中:AC^t为第t年的区域人均碳排放量。

其中,式(3)揭示了第t年的区域人均碳排放量AC^t主要是由能源结构因素(ESF)、能源排放强度因素(EIF)、能源效率因素(EEF)、经济发展因素(EDF)4个因素共同作用的结果,即区域碳排放变化的驱动因素可以分解为4个不同的变化效应:ESF、EIF、EEF、EDF。

基于式(3),本研究运用Ang等提出的对数平均权重分解法(logarithmic mean weigh division index method,简称LMDI)对区域人均碳排放变化进行因素分解^[9]。LMDI分解方法具有满足因素可逆、能够消除残余项、不产生余值的特点,它可通过“加和分解”和“乘积分解”两种方式分解,两种方式最终分解的结果相一致。对于式(3)所示模型,令基期人均碳排放量为AC⁰,用下标TOT表示总的变化,用下标ESF、EIF、EEF、EDF分别表示能源结构因素、能源排放强度因素、能源效率因素、经济发展因素的变化。于是,采用“加和分解”方式,则有:

$$\begin{aligned} \Delta AC_{TOT} &= AC^t - AC^0 \\ &= \sum_i ESF_i^t \times EIF_i^t \times EEF^t \times EDF^t - \sum_i ESF_i^0 \times EIF_i^0 \times \end{aligned}$$

$$EEF^0 \times EDF^0$$

$$= \Delta AC_{ESF} + \Delta AC_{EIF} + \Delta AC_{EEF} + \Delta AC_{EDF} + \Delta AC_{RSD} \quad (4)$$

式中: ΔAC_{ESF} 、 ΔAC_{EIF} 、 ΔAC_{EEF} 、 ΔAC_{EDF} 分别表示各个驱动因素对区域人均碳排放变化的贡献值,它们均是有单位的实值; ΔAC_{RSD} 为分解余值。

对于式(4),按照 LMDI 方法进行分解,则各驱动因素贡献值的表达式如下:

$$\Delta AC_{ESF} = \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \ln\left(\frac{ESF_i^t}{ESF_i^0}\right) \quad (5)$$

$$\Delta AC_{EIF} = \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \ln\left(\frac{EIF_i^t}{EIF_i^0}\right) \quad (6)$$

$$\Delta AC_{EEF} = \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \ln\left(\frac{EEF_i^t}{EEF_i^0}\right) \quad (7)$$

$$\Delta AC_{EDF} = \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \ln\left(\frac{EDF_i^t}{EDF_i^0}\right) \quad (8)$$

将式(5)、(6)、(7)、(8)分别代入式(4)中,得到:

$$AC^t - AC^0 = \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \left(\ln\left(\frac{ESF_i^t}{ESF_i^0}\right) + \ln\left(\frac{EIF_i^t}{EIF_i^0}\right) + \ln\left(\frac{EEF_i^t}{EEF_i^0}\right) + \ln\left(\frac{EDF_i^t}{EDF_i^0}\right) \right) + \Delta AC_{RSD}$$

$$= \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \ln\left(\frac{ESF_i^t \times EIF_i^t \times EEF_i^t \times EDF_i^t}{ESF_i^0 \times EIF_i^0 \times EEF_i^0 \times EDF_i^0}\right) + \Delta AC_{RSD}$$

$$= \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \ln\left(\frac{AC_i^t}{AC_i^0}\right) + \Delta AC_{RSD}$$

故可推导出: $\Delta AC_{RSD} = (AC^t - AC^0) - \sum_i \frac{AC_i^t - AC_i^0}{\ln(AC_i^t) - \ln(AC_i^0)} \times \ln\left(\frac{AC_i^t}{AC_i^0}\right) = (AC^t - AC^0) -$

$\sum_i (AC_i^t - AC_i^0) = 0$, 此时分解余值 ΔAC_{RSD} 恰好为零,达到预期分解目标。

四、实证研究——以重庆市为例

(一)数据来源及碳排放量的测度方法

1. 数据来源及处理

本实证研究涉及的数据来源主要分为两个方面:一是能源消费数据来源于历年的《中国能源统计年鉴》(1997 - 1999、2000 - 2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010),二是经济发展和人口数据来自《重庆统计年鉴》(1998 - 2010),考虑到经济发展中价格不断变化的因素,以现价 GDP 计算的单位碳排放量不能直接对比,为剔除价格波动的影响,GDP 采用以 1997 年为基期的不变价格计算。由于年鉴中的能源统计数据为实物消耗量,故需要将表中能源消费数据统一折算成标准煤,其中:煤炭的标准煤系数为 0.714 3(t 标准煤/t)、石油的标准煤系数为 1.428 6(t 标准煤/t)、天然气的标准煤系数为 12.143(10⁴t 标准煤/10⁸m³),水电的标准煤系数为 1.229(t 标准煤/10⁴千瓦时)(中国能源统计年鉴,2006)。

2. 碳排放量的测度方法

目前中国统计机构尚未直接公布 CO₂ 排放数据,故对区域碳排放量的测度可以采用以下公式加以估算:

$$TC = \sum_i FE_i \times \delta_i \quad (9)$$

式中: FE_i 表示第 i 种化石能源的消费量; δ_i 表示第 i 种化石能源的碳排放系数。

关于碳排放系数 δ_i 的确定,通过查阅典型相关文献,收集有关能源消费的碳排放系数进行比较计算,取其平均值作为各类能源消费的碳排放系数^[10](表 1)。

表 1 各类能源的碳排放系数(t 碳/t 标准煤)

数据来源	煤炭	石油	天然气	水电、核电
DOE/EIA	0.702	0.478	0.389	0.0
日本能源经济研究所	0.756	0.586	0.449	0.0
国家科委气候变化项目	0.726	0.583	0.409	0.0
平均值	0.728	0.549	0.416	0.0

(二)重庆市碳排放足迹的演进态势(1997 - 2009)

通过收集整理历年统计年鉴的相关数据,并根据前述计算公式,整理得到重庆市碳排放变化实证分析的基础数据(表 2)。

1. 重庆市碳排放足迹的整体演进趋势

总体而言,在研究时序的 13 年期间,重庆市碳排放变化变动趋势大致表现为逐年上升的发展规律,由 1997 年的 1 614. 139(10⁴t)增长到 2009 年的 3 889. 761(10⁴t),整体增幅达 140. 98%,年均增幅达 11. 75%,这表明重庆市碳排放总量随近年来经济社会的快速发展也呈现出较快增长的态势。

2. 重庆市碳排放变化的阶段性演进特征

基于重庆市碳排放变化的时间序列分析,发现:在研究时序(1997 - 2009)内,重庆市碳足迹演化趋势大致表现为明显的两阶段特征。第一阶段为平缓演进阶段(前 7 年),即自 1997 至 2003 年,演进趋势大致随研究时序呈现出“M”型(上升—下降—再上升—再下降)的发展规律,但整体波动较为平缓,年平均增幅仅为 0. 27%(图 1)。在第一阶段,出现了 3 个拐点(分别对应 1999、2001、2002)。第二阶段为快速演进阶段(后 6 年),即自 2003 - 2009 年,碳足迹演进趋势表现为快速增长的规律,这一阶段整体增幅达 137. 20%,平均增幅为 22. 87%,这意味着第二阶段是重庆市碳排放足迹演进程度最大的时期。

表2 重庆市能源、人口、GDP及碳排放量基础数据(1997-2009)

年份	能源消费量		煤炭比例 (%)	石油		天然气	天然气比例 (%)	水电	水电比例 (%)	人口	GDP (以1997 年为价格 基准年)	碳排放量	人均 碳排放量	人均 碳排放较 上年增 速 (%)	单 位 GDP 排 放 量	单 位 GDP 排 放 量 较 上 年 增 速 (%)
	10 ⁴ t	10 ³ t		10 ⁴ t	(%)											
1997	2596.80	1953.61	75.23	112.63	4.34	312.68	12.04	217.88	8.39	3042.92	1360.24	1614.139	0.530		1.187	
1998	2856.85	2035.04	71.23	179.20	6.27	291.31	10.20	351.30	12.30	3059.69	1474.50	1701.078	0.556	4.81	1.154	-2.78
1999	3106.63	2179.33	70.15	191.55	6.17	363.32	11.69	372.44	11.99	3072.34	1586.56	1842.851	0.600	7.89	1.162	0.68
2000	2993.74	2101.43	70.19	199.25	6.66	403.88	13.49	289.18	9.66	3091.09	1721.42	1807.244	0.585	-2.53	1.050	-9.61
2001	2594.43	1954.00	75.31	201.70	7.77	322.52	12.43	116.21	4.48	3097.91	1876.35	1667.412	0.538	-7.94	0.889	-15.36
2002	2858.76	2180.70	76.28	209.78	7.34	331.87	11.61	136.42	4.77	3113.83	2069.61	1840.774	0.591	9.83	0.889	0.09
2003	2609.70	1890.13	72.43	216.02	8.28	349.11	13.38	154.44	5.92	3130.10	2307.62	1639.840	0.524	-11.38	0.711	-20.10
2004	3200.57	2074.60	64.82	377.72	11.80	368.42	11.51	379.83	11.87	3144.23	2589.15	1870.939	0.595	13.58	0.723	1.69
2005	3648.53	2382.33	65.30	406.27	11.14	431.08	11.82	428.86	11.75	3169.16	2886.90	2136.706	0.674	13.31	0.740	2.43
2006	4108.54	2667.62	64.93	456.61	11.11	486.33	11.84	497.98	12.12	3198.87	3239.10	2395.021	0.749	11.05	0.739	-0.10
2007	4529.01	2913.41	64.33	534.94	11.81	528.58	11.67	552.08	12.19	3235.32	3744.40	2634.534	0.814	8.76	0.704	-4.84
2008	5091.52	3245.37	63.74	600.57	11.80	648.38	12.73	597.20	11.73	3257.05	4279.85	2962.068	0.909	11.68	0.692	-1.63
2009	6431.63	4499.83	69.96	619.73	9.64	657.82	10.23	654.25	10.17	3275.61	4908.99	3889.761	1.187	30.58	0.792	14.49

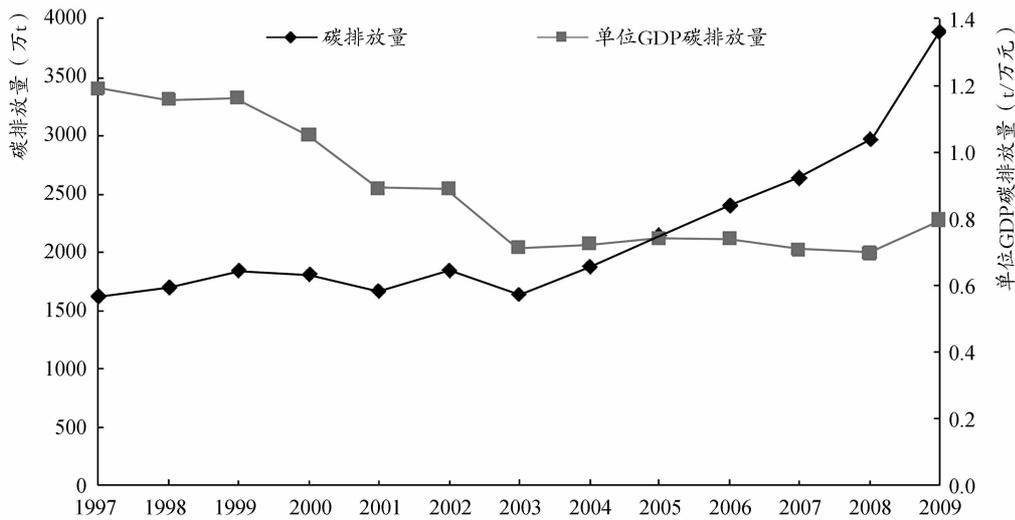


图1 重庆市碳排放足迹的演进趋势(1997-2009)

(三)重庆市碳排放变化的驱动因素分析 碳排放变化的驱动因素予以实证分析,计算得出为进一步剖析重庆市碳排放变化的内在机理,1998-2009年各因素对重庆市人均碳排放变化的贡献值(表3),并绘制各驱动因素对重庆市人均碳排放变动贡献值的演变趋势图(图2)。

表3 各驱动因素对重庆市人均碳排放变化的贡献值(1998-2009)

年份	人均碳排放	能源结构因素	能源效率因素			经济发展因素
	ΔAC_{TOT}	ΔACE_{ESF}	ΔACE_{EEF}	ΔAC_{EIF}	ΔAC_{EIF}	ΔACE_{EDF}
1998	0.026	-0.023	0.008			0.041
1999	0.069	-0.026	0.014			0.081
2000	0.054	-0.016	-0.052			0.122
2001	0.008	0.018	-0.172			0.162
2002	0.061	0.020	-0.181			0.222
2003	-0.007	0.006	-0.275			0.263
2004	0.065	-0.034	-0.243			0.341
2005	0.144	-0.035	-0.246			0.424
2006	0.218	-0.039	-0.257			0.515
2007	0.284	-0.042	-0.300			0.626
2008	0.379	-0.043	-0.330			0.753
2009	0.657	-0.020	-0.306			0.983

注:由于单位能源的碳排放量通常较为稳定,故 EIF_t^i 固定,因而 ΔAC_{EIF} 为0。

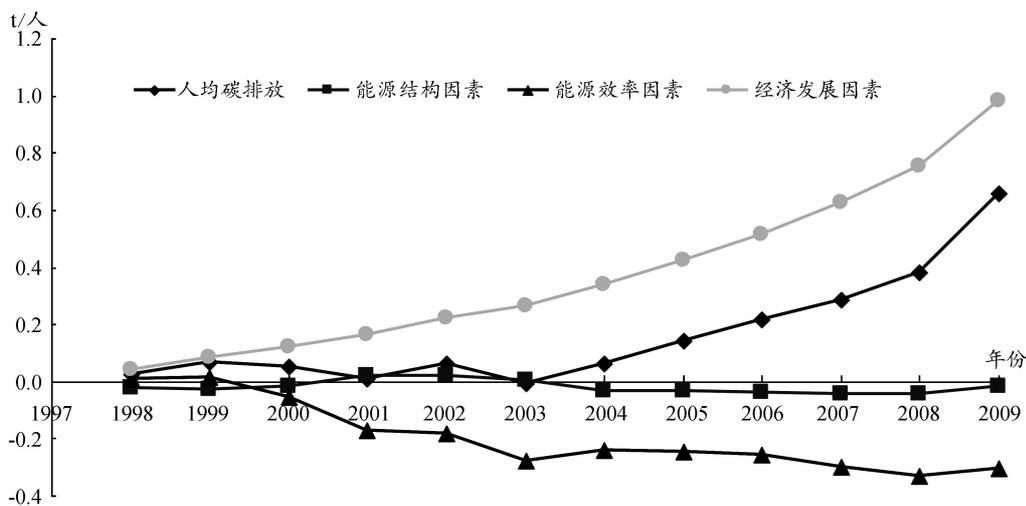


图2 各驱动因素对重庆市人均碳排放变动贡献值的演变趋势(1998-2009)

通过分析表3和图2,发现重庆市人均碳排放量基本上随时间序列呈现出逐年上升的态势,其演变趋势与碳排放总量发展趋势极为相似,也表现为明显的两阶段特征。其中,1998-2003年期间人均碳排放的数值趋于平稳,波动不大;但自2003年以后持续快速增长,年均增长率为21.11%。

由图2可知,经济发展因素对人均碳排放量的贡献值逐年增大,构成碳排放迅速增长的主要拉动因素。通过测算重庆市的能源碳排放弹性系数(能源碳排放的变化幅度/地区生产总值的变化幅度),发现该值从0.64(1998年)下降为0.54(2009年),这表明虽然经济增长对碳排放起到较大的贡献作用,但这一贡献效应正逐渐减弱。

据图2可知,能源效率因素对人均碳排放量起到了较大的抑制作用,且其抑制效应随研究时序逐渐增强。这一抑制特征可以从各年的万元GDP能耗的变化加以解释,除1998、1999两年的万元GDP能耗增长率为正值外(分别为1.49%、1.06%),以后各年万元GDP能源增长率均为负值,且表现为逐年下降的趋势。然而,较之经济发展对人均碳排放的贡献值,能源效率对降低重庆市人均碳排放的作用比较有限,因而也就无法阻止近年来重庆市人均碳排放量持续快速增长的态势。

此外,从图2还可以发现,能源结构因素对人均碳排放变化的影响程度不太显著,其对人均碳排放的贡献值大致呈现倒“U”的形态,其影响效应依次表现为“抑制—拉动—再抑制”的态势。这是由于重庆的能源消耗结构中,煤炭的平均比例高达69.53%。自1997-2009年重庆市煤炭产生的碳排放量占能源碳排放总量的比例始终维持在80%以上(均值为84%)。

五、结论与政策建议

(一) 结论

(1)重庆市碳排放总量变动趋势大致表现为上升的趋势,年均增长率11.75%。碳足迹演化整体表现为平稳演进和快速演进的两阶段特征,其拐点出现在2003年,而单位GDP碳排放量却随研究时序表

现为递减的态势,年均递减速度为2.77%。

(2)重庆市人均碳排放量随时间序列呈现出逐年上升的走势,其演变趋势与碳排放总量发展趋势极为相似,也表现为明显的两阶段特征。可以预见,未来几年重庆市面临的碳减排压力将逐渐增大,因而转变经济增长方式、调整经济发展结构对实现重庆经济、能源、环境的可持续发展尤为必要。

(3)1998-2009年,对重庆市人均碳排放变化贡献值最为显著的驱动因素是经济发展因素;能源效率因素对人均碳排放量起到了较大的抑制作用,但其抑制效应短期内仍难以抵消经济发展因素拉动人均碳排放量的增长;而能源结构因素对人均碳排放的抑制效应不太明显。

(4)较之于全国碳排放的平均水平,重庆市人均碳排放量、单位GDP碳排放量的水平略微偏高,其原因在于重庆是典型的“大城市带大农村”的二元经济结构非常突出的城市,经济增长与资源短缺、环境污染的结构性矛盾较为突出。近年来,尽管重庆在推行清洁生产、发展循环经济方面做了许多有益的尝试,也取得了一些成绩,但与东部发达地区相比仍存在一定的差距。

(二) 政策建议

(1)立足重庆市情、加快推进重庆建设低碳城市的步伐,进一步增强低碳经济发展能力。通过转变经济增长方式、积极发展循环经济,走新型工业化道路,建立合理的产业梯次,加快产业创新,调整和优化区域支柱产业及战略产业布局,从而促进低碳绿色产业快速发展。

(2)持续优化能源结构、提高能源替代技术、促进能源供应和能源消费的多元化,发展体现地域特色的新型能源产业。加快发展低碳能源和可再生能源,积极开发利用石油和天然气,积极发展太阳能、核能、风能等新能源。

(3)提高能源利用效率、加大碳减排能源技术领域的研发力度、增强重庆市碳减排的技术支撑能力。通过产业转型和技术进步,大力实施清洁生产和节能减排机制,加快发展能源利用效率高的产业集群。

(4)借助建设“五个重庆”的良好契机、大量植树造林、加大三峡库区环境整理力度、修复生态屏障,加强重庆碳汇能力建设、打造“森林重庆”。

(5)制定重庆市节能减排的相关制度和政策,完善节能减排的评价管理机制。同时,建立绿色税收体系、培育碳排放交易市场以达到有效降低碳排放的目标。

参考文献:

- [1] STREET D G, JIANG K J. Recent reductions in China's greenhouse gas emissions [J]. *Science*, 2001, 294: 1835 - 1837.
- [2] EIA. Energy information administration, international energy annual, 2006 & international energy outlook [R]. 2007.
- [3] WANG Can, CHEN Jin-jin, ZOU Ji. Decomposition of energy-related emission in China: 1957 - 2000 [J]. *Energy*, 2005, 30: 73 - 83.
- [4] 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.
- [5] 宁学敏. 我国碳排放与出口贸易的相关关系研究 [J]. *生态经济*, 2009(11): 51 - 53.
- [6] 许广月, 宋德勇. 中国碳排放环境库茨涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据 [J]. *中国工业经济*, 2010(5): 37 - 47.
- [7] 刘扬, 陈劲锋. 基于 IPAT 方程的典型发达国家经济增长与碳排放关系研究 [J]. *生态经济*, 2009(11): 28 - 30.
- [8] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories [M]. Japan: IGES, 2006: 2, 9 - 2, 12.
- [9] ANG B W, ZHANG F Q, CHOI K H. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. [J] *Energy*, 1998, 23(6): 489 - 495.
- [10] 汪刚, 冯宵. 基于能量集成的 CO₂ 减排量的确定 [J]. *化工进展*, 2006, 25(12): 1467 - 1470.

Driving Factors, Decomposition Analysis Model and Empirical Study on Regional Carbon Emissions Change

YAN Yong-gang, REN Hong, KUANG Ming-yue

(College of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: Based on analyzing driving factors of regional carbon emissions change which is included of energy structure, energy emission intensity, energy efficiency and economic development factors, this paper sets up a decomposition analysis model of regional carbon emissions change by employing logarithmic mean weigh division index method (LMDI). Moreover, through a case study of Chongqing, it acquires data of energy, population, economy and other basic data of Chongqing from 1997 to 2009 to empirical study. Empirical evaluation shows that: carbon emissions and per capita carbon emissions in Chongqing present an obviously upward trend with time series, their evolution trends are very similar and both show two-phases (smooth evolution and rapid evolution) feature. In addition, factor analysis of carbon emission change shows that the contribution value to carbon emissions per capita of economic development factors is increasing year by year, and economic development factors are main factors of driving a rapid growth of carbon emissions in Chongqing. The inhibitory effect of energy efficiency factors on carbon emissions per capita is increasing gradually, which plays a greater inhibition role in carbon emissions per capita. However, the inhibitory effect of energy structure factors on carbon emissions per capita is not significant. Finally, some policy recommendations on controlling carbon emissions in Chongqing are put forward based on empirical analysis.

Key words: regional carbon emissions; decomposition analysis model; driving factors; empirical study

(责任编辑 傅旭东)