

文章编号:1007-6735(2013)02-0126-05

安徽省碳排放量的实证研究

郝静文, 陆秋君

(上海理工大学 理学院, 上海 200093)

摘要: 采用加权最小二乘法和多元线性回归模型建立了安徽省碳排放量影响因素的实证模型, 并进一步运用向量自回归模型对安徽省的产业结构、经济水平和碳排放量进行 Johansen 协整检验、脉冲响应分析. 研究表明, 产业结构和经济水平这两种影响因素与碳排放量之间存在一种长期均衡稳定的关系, 并根据分析结果提出了相关建议.

关键词: 碳排放量; 加权最小二乘法; 向量自回归模型; 协整检验

中图分类号: F 205 **文献标志码:** A

Empirical Study on Carbon Emissions in Anhui Province

HAO Jingwen, LU Qiujun

(College of Science, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The weighted least squares(WLS)method and the multiple linear regression model were mainly used to establish empirical models for investigating the relationship between carbon emissions and its affecting factors in Anhui province. Additionally, the vector auto-regression(VAR) method was applied in Johansen co-integration test and impulse response analysis on industrial structure, economic development and carbon emissions, and a long-term relationship between them was found out. Finally, corresponding suggestions were provided according to the results of analysis.

Key words: carbon emissions intensity; weighted least squares method; vector autoregression method; co-integration test

1 问题的提出

我国正处于快速的工业化和城市化进程中, 这两大因素将成为驱动我国碳排放的主要因素. “低碳经济”概念的提出为经济增长方式的转变提供了新思路, 控制二氧化碳排放量是解决气候变暖问题

的关键, 国内外已有很多文献^[1-12]对低碳经济进行了研究. 但是, 不同国家、不同省域的碳排放量影响因素存在很大差异, 例如, 人口、经济、技术、产业结构等均有不同. 安徽省作为长江三角洲的腹地, 拥有充足的人力资源、旅游资源和矿藏资源, 2010 年安徽省的年生产总值达到 12 263.4 亿元, 与 2009 年相比, 增长率为 22%. 而安徽省作为一个农业大省,

收稿日期: 2011-12-09

第一作者: 郝静文(1988-), 女, 硕士研究生. 研究方向: 应用统计及经济数学. E-mail: ahhjw8996@163.com

通讯作者: 陆秋君(1974-), 女, 副教授. 研究方向: 应用统计. E-mail: lggaqiuju@163.com

20 世纪 90 年代后期,三产业比重一直徘徊在 30 : 36 : 34 左右^[10].进入 21 世纪后,安徽省的工业化、城市化进程不断加快,经济规模迅速扩大,2010 年三产业比重已经达到 14 : 52 : 34.可见在这几十年的时间里,第一产业的比重迅速下降,第二产业的比重不断上升,导致产业比重不均衡.产业结构、经济水平和碳排放量都在不断增长,而它们之间的关系如何,是本文研究的内容之一.本文利用加权最小二乘法(WLS)、向量自回归法(VAR)、Johansen 协整检验法和脉冲响应分析法对安徽省的碳排放量和影响因素进行研究.

2 模型的构建与数据说明

目前公认的碳排放量的影响因素很多,如人口规模、人均财富、技术水平、能源结构、产业结构、居民消费方式、运输线路单位长度能耗、燃料结构及交通工具数量等.针对安徽省的特点选用 4 个因素:人口规模 P 、人均财富 F 、技术水平 T 和产业结构 S ,则碳排放量

$$A = f(P, F, T, S) \tag{1}$$

为了消除异方差,本文采用 C-D 生产函数双对数模型,模型为

$$\ln A_t = a + b \ln P_t + c \ln F_t + d \ln T_t + e \ln S_t + \mu_t \tag{2}$$

式中,下标 t 为年份; A 为碳排放量,单位为百万吨; P 为人口规模,用本省的年底总人口表示,单位为万人; F 为人均财富,用此省的人均国内生产总值(GDP)表示,单位为元(1995 年为基价); T 为技术水平,用能源强度表示,即单位 GDP 产出的能源消费,单位为吨标准煤/万元, S 代表产业结构,第二产业 GDP/第三产业 GDP; μ 代表残差; a, b, c, d, e 均为回归方程的系数.

考虑到先前年份的环境质量对后来年份的影响,因此,在式中加入了因变量的滞后项,则得到动态模型

$$\ln A_t = a + h \ln A_{t-1} + b \ln P_t + c \ln F_t + d \ln T_t + e \ln S_t + \mu_t \tag{3}$$

式中, h 为回归系数.

根据式(3)可判断环境质量是否存在路径依赖现象.若 $h > 0$,则存在路径依赖现象.

根据回归结果可计算出调整到均衡状态的时间为 $1/h$.

由于目前我国没有省一级的碳排放量的直接检

测数据,根据《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》中的数据,能源消耗是我国最主要的 CO₂ 排放源.因此,本文根据安徽省能源消耗量及各种能源的碳排放系数进行测算.《安徽省统计年鉴》将能源划分为原煤、焦炭、原油、燃料油、汽油和柴油.根据文献[4],计算碳排放量为

$$A_t = \sum_{i=1}^6 E_{it} \eta_i$$

式中, E_{it} 为第 t 年 第 i 种能源的消耗量; η_i 为第 i 种能源的碳排放系数,如表 1 所示.

表 1 各种能源碳排放系数
Tab.1 Coefficient of various kinds of energy carbon emissions 吨/吨标准煤

原煤	焦炭	原油	燃料油	汽油	柴油
0.714 3	0.971 4	1.428 6	1.428 6	1.474 1	1.457 1

3 碳排放量及影响因素的实证研究

3.1 WLS 回归结果分析

运用加权最小二乘法对模型(3)进行分析,结果如表 2 所示.

表 2 WLS 结果
Tab.2 Results of WLS

统计量	系数	标准差	t 值	概率 P
α	-12.84	1.23	-10.42	0
$\ln A(-1)$	0.72	0.11	6.52	0.000 1
$\ln P$	0.47	0.09	4.78	0.001 0
$\ln F$	0.62	0.09	6.75	0.000 1
$\ln T$	0.79	0.08	9.12	0.000 0
$\ln S$	-0.08	0.05	-1.65	0.013 2
R^2	99.93%	AIC	-6.37	
Adj R^2	99.89%	SC	-6.08	
DW	2.04	F 值	2 605.88	

注:权重采用 $1/abs(\text{residual})$; R^2 为可决系数; F 值为统计值; AIC, SC, DW 为判断准则.

从表 2 可以看出, R^2 和 Adj R^2 值都很接近 1, 且 F 值很大,说明整体拟合程度很好, DW 的值为 2.04,接近 2,可认为加权后的残差序列是不相关的,并且各系数的 P 值都远远小于 0.05,说明这 4 个影响因素都在 95% 以上水平影响显著,可认为拟合优度很好.于是,得出模型回归方程为

$$\ln A_t = 12.84 + 0.72 \ln A_{t-1} + 0.47 \ln P_t + 0.62 \ln F_t + 0.79 \ln T_t - 0.08 \ln S_t$$

结果表明,造成安徽省碳排放量不断增长的主

要因素是经济的发展和技术的改革.在样本期间,经济增长1%,碳排放量就增加0.62%.能源强度每增长1%,就会拉动碳排放量增加0.79%.

人口增长1%就会拉动人均碳排放量增长0.47%.事实上,人口规模对环境的影响是双向的^[9]:一方面人口增长对资源产生了压力,增加了能源消费,导致环境恶化;另一方面人口增长会促进技术改革,这样就会减轻对环境的负面影响.本文研究的样本期内,安徽省人口因素对碳排放量的正向影响大于负向影响,最终呈现出正向影响的效果.

回归方程中 $h = 0.72 > 0$,说明环境质量存在路径依赖现象,且碳排放量对后来年份的影响要经过1.4年才能调整到均衡状态.

产业结构对碳排放量起抑制的作用,回归系数为 -0.08 , P 值为 0.013 ,即以90%的置信水平拒绝原假设.

从图1可以看出,自2005年产业结构趋势明显改变.1995~2004年,产业结构基本保持平缓的下降趋势;而2005年以后,产业结构急剧上升,说明第二产业所占比重越来越大.这可能是由于2005年以后政策改变的影响,导致以2005年为分界点的两时

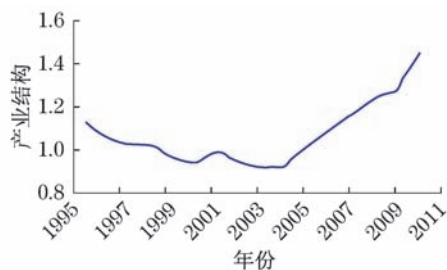


图1 1995~2010产业结构变化图

Fig.1 Varying trend of industrial structure from 1995 to 2010

间段内产业结构的趋势不同,而这种变化可以通过在产业结构的系数中引入虚拟变量 D_t 来考察.设

$$D_t = \begin{cases} 1, & t = 1995, 1996, \dots, 2004 \\ 0, & t = 2005, 2006, \dots, 2010 \end{cases}$$

则可建立模型

$$\ln A_t = a + h \ln A_{t-1} + b \ln P_t + c \ln F_t + d \ln T_t + e \ln S_t + f(D_t \ln S_t) + g D_t + \mu_t \quad (4)$$

式中, f, g 为回归参数.

模型(4)所表示的函数为

2005年前

$$F(\ln A_t | \ln P_t, \ln F_t, \ln T_t, \ln S_t, D_t = 1) = (a + g) + h \ln A_{t-1} + b \ln P_t + c \ln F_t + d \ln T_t + (e + f) \ln S_t + \mu_t$$

2005年后

$$F(\ln A_t | \ln P_t, \ln F_t, \ln T_t, \ln S_t, D_t = 0) = a + h \ln A_{t-1} + b \ln P_t + c \ln F_t + d \ln T_t + e \ln S_t + \mu_t$$

由模型(4)得到的回归结果如表3所示.且回归模型为

2005年前

$$\ln A_t = 12.62 + 0.70 \ln A_{t-1} + 0.50 \ln P_t + 0.63 \ln F_t + 0.74 \ln T_t + 0.05 \ln S_t$$

2005年后

$$\ln A_t = 12.63 + 0.70 \ln A_{t-1} + 0.50 \ln P_t + 0.63 \ln F_t + 0.74 \ln T_t - 0.10 \ln S_t$$

表3 引入虚拟变量后WLS模型结果

Tab.3 WLS model results when introducing dummy variable

统计量	系数	标准差	t 值	概率 P
a	-12.62	1.49	-8.43	0.000 1
$\ln A(-1)$	0.70	0.16	4.49	0.002 8
$\ln P$	0.50	0.15	3.40	0.011 4
$\ln F$	0.63	0.13	4.83	0.001 9
$\ln T$	0.74	0.09	7.70	0.000 1
$\ln S$	0.05	0.22	0.25	0.081 2
$D_t \times \ln S$	-0.15	0.29	-0.69	0.050 8
D_t	-0.009 9	0.019	-0.51	0.062 6
R^2	99.98%	AIC	-7.48	
Adj R^2	99.96%	SC	-7.11	
DW	1.99	F 值	5 460.499	

3.2 碳排放量和经济增长、产业结构的VAR实证分析

VAR模型一个很重要的功能就是用来分析模型受到随机变量的冲击之后,整个系统发生的动态影响.VAR法中采用的数据和处理方法同WLS法一样.首先,为消除原始数据的异方差性,对各变量都进行取对数处理,分别记为 $\ln A, \ln F, \ln P, \ln T, \ln S$.采用ADF单位根检验来检查序列的平稳性,结果显示,在10%显著性水平下序列是一阶差分平稳的.

3.2.1 VAR估计结果

VAR分析结果如表4所示,可以看出,经济增长和产业结构对碳排放量的解释程度较高.

a. 滞后一期,滞后二期的碳排放量对自身的回归系数分别为0.94,0.34,可以看出,碳排放量的影响在当期就很明显,之后影响会逐渐减小.这与WLS分析的结果相吻合.

b. 滞后一期,滞后二期的经济增长状况对碳排放量的回归系数分别为1.02,0.63.随着经济增长

方式的优化、能源利用效率的提高,在一定范围内会对碳排放量起抑制作用,但是,这种影响还没有呈现出很好的效果,需要进一步强化.

c. 人口结构对碳排放量的回归系数不显著为正,滞后一期、滞后二期的回归系数分别为 0.38 和 0.37,说明安徽省较大的人口基数也正向影响了碳排放量.

d. 技术水平对碳排放量影响的显著程度相对来说比较明显,且滞后一期、滞后二期的影响系数为 0.89 和 0.63,均为正数. 可认为安徽省粗放型的产业发展方式带给环境的影响比较大,且之后的影响会逐渐减小.

e. 产业结构滞后一期和滞后二期对碳排放量的影响显著程度分别为 -0.22 , 0.02 ,说明产业结构对碳排放量起正向影响作用,表明安徽省的产业结构还不够合理,有待改进.

表 4 VAR 估计结果
Tab.4 Results of VAR model

统计量	$\ln A$	$\ln F$	$\ln P$	$\ln T$
$\ln A(-1)$	0.94 [-0.088]	0.39 [0.252]	-0.89 [-1.691]	0.49 [0.224]
$\ln A(-2)$	0.34 [-0.399]	0.63 [0.629]	0.43 [1.274 80]	-0.95 [-0.688]
$\ln F(-1)$	1.02 [1.556]	0.29 [0.267]	0.79 [2.167 02]	-0.78 [-0.525]
$\ln F(-2)$	0.63 [0.818]	0.28 [0.224]	0.10 [0.226 97]	0.06 [0.033]
$\ln P(-1)$	0.38 [0.636]	2.01 [2.068]	-0.59 [-1.796 00]	-0.68 [-0.501]
$\ln P(-2)$	0.37 [0.373]	1.68 [1.037]	-1.02 [-1.869 92]	0.30 [0.132]
$\ln T(-1)$	0.89 [1.129]	0.23 [0.176]	0.94 [2.149 18]	-0.84 [-0.468]
$\ln T(-2)$	0.63 [0.925]	-0.03 [-0.029]	0.03 [0.076 13]	0.16 [0.104]
$\ln S(-1)$	-0.22 [-0.655]	0.32 [0.583]	-0.33 [-1.804 09]	0.05 [0.071]
$\ln S(-2)$	0.02 [0.084]	0.31 [0.749]	-0.34 [-2.408 10]	0.10 [0.170]
C	-19.44 [-1.395]	-39.98 [-1.744]	12.36 [1.596 44]	27.41 [0.861]
R^2	0.998	0.999	0.931	0.989
$AdjR^2$	0.993	0.994	0.701	0.952
F 值	176.01	202.75	4.04	27.01
AIC	-4.38	-3.39	-5.56	-2.73
SC	-3.88	-2.89	-5.06	-2.23

注:方括号里为 t 值

3.2.2 Johansen 协整检验及脉冲响应分析

运用 Johansen 协整检验方法来检验碳排放量 A 、经济水平 F 、产业结构 S 之间的协整关系,检验结果如表 5 所示.

表 5 碳排放量、经济水平、产业结构间协整检验结果
Tab.5 Results of cointegration test on carbon emissions, economic level and industrial structure

原假设	特征值	迹	临界值	概率
None *	0.97	58.26	29.80	0
At most 1	0.57	13.01	15.49	0.11

原假设 None 没有协整关系,该假设下计算的迹统计值为 58.26,大于临界值 29.80,且概率 P 值为 0,可以拒绝该假设;At most 1 表示有一个协整关系,该假设下计算的迹统计量值为 13.01,小于临界值 15.49,且概率 P 值为 0.11,所以,不拒绝原假设,认为存在协整关系,说明经济水平、产业结构与安徽碳排放量之间存在一种长期均衡稳定的关系.

图 2 中的实线表示 $\ln A$ 受冲击后的走势,两侧的虚线表示走势的两倍标准误差. 综上可以看出:

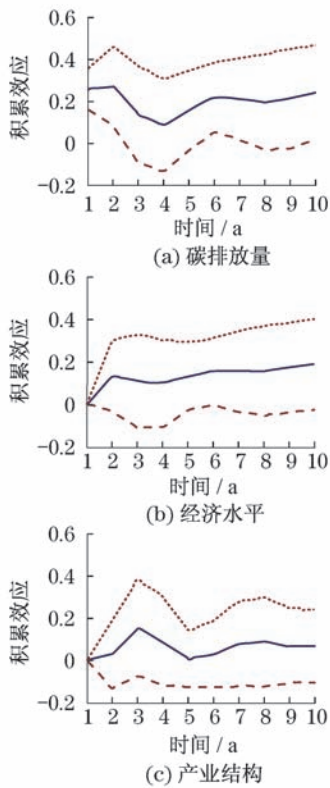


图 2 脉冲响应

Fig.2 Results of impulse response analysis

a. 碳排放量受自身的一个冲击后到第 4 期降到最低,之后开始回升,自第 6 期后基本趋于稳定.

这说明安徽省前期碳排放量对自身的冲击效果比较明显,这是长久的能源消费习惯和能源利用方式造成的。

b. 给经济发展水平一个标准差扰动冲击之后,碳排放量会迅速在前两期内上升,然后又回升,自第4期逐渐趋于稳定.从总体上来说,经济水平上升会很明显地正向影响碳排放量,这种影响在前后期都十分明显,响应程度也很大,在经历一段作用期后依然对碳排放量产生影响,这也验证了协整检验中经济增长和碳排放量的长期关系。

c. 产业结构在受到一个标准差扰动冲击后,引起碳排放量的波动最大.从初期的0迅速上升,在第3期达到最大值,然后又开始迅速下降到第5期的0,再回升到第7期时才逐渐趋于平稳状态.说明产业结构对冲击反应较为敏感,从而带动碳排放量较大的波动.波动期之长反映了产业结构在安徽省碳排放量治理过程中的重要作用。

4 结论与建议

WLS模型检验显示,造成安徽省碳排放量不断增长的主要因素是经济的发展和技术的改革,而人口因素和产业结构对碳排放量起抑制的作用.脉冲响应分析揭示经济水平和产业结构影响效果具有长久性.协整检验发现这两种影响因素与碳排放量之间存在一种长期均衡稳定的关系,且环境质量存在路径依赖现象,碳排放量对后来年份的影响要经过1.4年才能达到均衡状态。

基于以上研究结论,提出低碳经济发展的政策建议:优化能源消费结构和提高能源利用效率,通过能源替代改变以煤炭为主的能源结构;积极推进产业结构优化升级,提高技术水平,促进第三产业的大

力发展;控制人口总量,提高人民生活水平,将高科技的生活方式引入人们的日常生活,从底层改变能源消耗方式。

参考文献:

- [1] Bin S. Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO₂ emissions [J]. Energy Policy, 2005, 33(2): 197 - 208.
- [2] Liu F L, Ang B W. Eight methods of aggregate energy intensity of industry [J]. Applied Energy, 2003, 76(1): 15 - 23.
- [3] 王铮, 朱永彬. 我国各省区碳排放量状况及减排对策研究 [J]. 战略与决策研究, 2008, 23(2): 109 - 115.
- [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] 籍艳丽, 郜元兴. 二氧化碳排放量的实证研究 [J]. 统计研究, 2011, 28(7): 37 - 44.
- [6] 高辉. 环境污染与经济增长方式转变 [J]. 财经科学, 2009, 4(4): 108 - 115.
- [7] 王峰, 吴丽华, 杨超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究 [J]. 经济研究, 2010(2): 71 - 72.
- [8] 宋帮英, 苏方林. 我国省域碳排放量与经济发展的GWR实证研究 [J]. 财经科学, 2010(4): 41 - 49.
- [9] 林伯强, 蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析 [J]. 管理世界, 2009(4): 33 - 42.
- [10] 黄少鹏, 郑涛. 碳排放的行业特征与能源需求互动: 皖省路径 [J]. 宏观经济, 2011, 28(4): 25 - 33.
- [11] 柯冰, 钱省三. 聚类分析和因子分析在股票研究中的应用 [J]. 上海理工大学学报, 2002, 24(4): 371 - 374.
- [12] 李涛, 傅强. 中国省际碳排放效率研究 [J]. 统计研究, 2011(7): 62 - 70.

(编辑: 石 瑛)