

■ 经济研究

# 中国碳排放、贸易、能源与经济增长的实证研究<sup>①</sup>

——基于VAR模型的脉冲响应分析

何琼<sup>1,2</sup>

(1. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201; 2. 厦门大学 经济学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:**基于VAR模型,通过变量平稳性检验和协整分析、广义脉冲响应和预测方差分解的方法,对我国1981~2009年碳排放、对外贸易、能源消费与经济增长之间的长期均衡关系及其动态性进行了实证分析。研究结果表明,我国碳排放与经济增长、能源消耗、对外贸易之间存在长期协整关系。能源消费和对外贸易正向影响碳排放,而经济增长对碳排放起初的影响为正,后期影响为负,各因素的影响程度大小依次为能源消费、对外贸易和经济增长。对外贸易对碳排放的预测方差起着重要作用,能源消费对碳排放的预测方差的贡献度最小。

**关键词:**对外贸易;VAR模型;碳排放;脉冲响应

**中图分类号:**F206

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-7835(2013)06-0076-04

中国经济的快速增长是以快速增长的能源消费为前提的,尤其是改革开放以来,我国经济是以很高的能源消耗和环境代价实现的高速增长<sup>[1]</sup>。1980~2007年中国经济快速增长的同时,中国的主要能源消费增长了340%<sup>[2]</sup>。Coxhead(2007)认为,中国经济的快速增长和与国际市场接轨,使得中国转向资源密集型产业,这将破坏中国资源环境<sup>[3]</sup>。因此,能源消耗和经济增长被认为是影响中国CO<sub>2</sub>排放的关键性驱动因素。

除了经济增长外,Fredrich, David(2008)构筑的模型表明,出口是中国能源需求增长的最大源泉<sup>[4]</sup>。对外贸易促进了中国国内经济的发展,然而,也不能忽视其对于国内污染物排放的影响<sup>[5]</sup>。Halicioglu(2009)证实产出、能源消费、环境污染与贸易之间存在很强的动态相互关系<sup>[6]</sup>。对外贸易与本国能源与环境关系已经成为研究的热点问题<sup>[7]</sup>。Stretesky, Lynchb(2009)使用269个国家1989~2003年的面板数据,研究发现出口与CO<sub>2</sub>排放之间存在正相关关系<sup>[8]</sup>。但Kearsley和Riddel(2009)对27个OECD国家的研究表明,贸易对CO<sub>2</sub>排放的影响不显著<sup>[9]</sup>。

我们所关心的是,对外贸易、经济增长和能源消费是否对中国CO<sub>2</sub>排放产生了影响?尽管有大量文献证

实了对外贸易、能源消费和碳排放的关系,所采用的方法多是协整检验和Granger因果检验等研究方法,但并没有给出相应的动态作用关系。基于此,本文拟采用VAR模型计量经济学方法,对碳排放、对外贸易、经济增长和能源消费之间的关系进行研究,揭示四者之间的长期动态变化关系,这一问题的研究将有助于中国多层面考虑节能减排政策的制定。

## 一 变量与数据

本文选取人均CO<sub>2</sub>排放量(C)、人均商品能源消耗量(E)、人均实际国民总收入(O)和对外贸易开放度(F)分别表征碳排放、能源消费、经济增长和对外贸易,分析所使用的样本数据取自于中国1981~2009年的年度数据。由于我国统计机构没有公布CO<sub>2</sub>排放数据,人均CO<sub>2</sub>排放量根据world bank官方网站上提供的数据,单位为公吨。人均商品能源消耗量来源于world bank官方网站上提供的人均燃油当量数据,单位为公斤。人均实际国民总收入数据选取来源于《中国统计年鉴》的国民总收入,以1981年为基期进行换算,单位为元。对外贸易开放度以中国实际进

① 收稿日期:2013-03-18

基金项目:国家自然科学基金(71173047);教育部人文社会科学研究一般项目(09JYC630064);湖南省教育厅项目(09C426)

作者简介:何琼(1979-),女,湖南娄底人,博士,厦门大学经济学院博士后,副教授,主要从事区域发展、能源经济研究。

出口贸易额占中国实际国民生产总值之比来表征,以1981为基期进行换算,为了使数据具有可比性,利用商品零售价格总指数(1981 = 100)对国内生产总值、出口额和进口额进行平减。最后,为了消除数据中可能存在的异方差,对平减过的各变量数据取自然对数,分别记为  $LC$ 、 $LE$ 、 $LO$  和  $LF$ ,进一步差分后记为  $\Delta LC$ 、 $\Delta LE$ 、 $\Delta LO$  和  $\Delta LF$ 。本文所有结果均由 Eviews6.0 计算得来。

## 二 实证分析

### (一) VAR 模型的建立

本文分析的 VAR 模型为中国碳排放、能源消费、经济增长与对外贸易的四变量系统,在无约束 VAR(P) 模型条件下,依据 LR、FPE、AIC、SC 和 HQ 等准则得到其最优滞后阶数为 2(见表 1),故选择 VAR(2) 模型。对于 VAR 模型而言,如果 VAR 模型所有特征根的模的倒数小于 1,则 VAR 模型是稳定的,否则模型不稳定。由图 1 可以判定 VAR(2) 模型所有特征根的模的倒数都在单位圆内,VAR 模型是稳定的,可以进行脉冲响应分析。

表 1 VAR 模型的最优滞后阶数

Lag	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	—	1.12e-10	-11.56	-11.36	-11.50
1	214.80	8.94e-15	-21.02	-20.04	-20.74
2	38.58*	2.74e-16*	-25.68*	-22.36*	-24.76*
3	20.14	4.51e-15	-22.13	-19.59	-21.42
4	31.93	4.89e-15	-21.73	-19.97	-21.25

注：“\*”表示在 5% 的水平上显著

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial

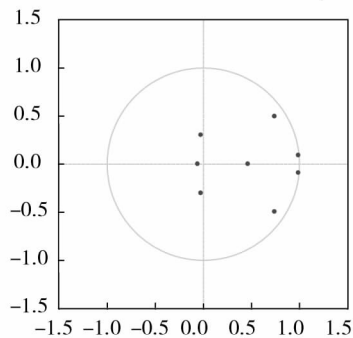


图 1 VAR 特征根模的倒数

$$C = \begin{pmatrix} -1.806 \\ 0.639 \\ 2.433 \\ 0.698 \end{pmatrix}$$

VAR(2) 模型表明:短期内人均碳排放对人均能源消费各滞后期的弹性系数分别是 0.728 和 -0.042,人均能源消费每增长 1% 将引起人均碳排放增长 0.686%。短期内人均碳排放对对外贸易各滞后期的弹性系数分别是 0.106 和 0.006,对外贸易每增长 1% 将引起人均碳排放增长 0.112%。作为发展中国家,中国生产资源消耗强度大、污染密集型产品并出口这些产品,加重了自身的环境污染<sup>[10]</sup>,证实了 H-O 贸易理论。短期内人均碳排放对经济增长各滞后期的弹性系数分别是 0.357 和 -0.388,经济增长每增长 1% 将引起人均碳排放减少 0.031%。随着经济的增长,部分资金将应用于污染治理,这将有利于改善环境。

### (二) 平稳性检验与协整检验

由于只有同阶单整的变量之间才可能进行协整分析,所以应对变量的时间序列进行平稳性检验。本文采用目前普遍采用的 ADF 方法对变量进行平稳性检验,表 2 给出了检验结果。

表 2 时间序列的 ADF 检验结果

变量	ADF 值	1% 临界值	5% 临界值	10% 临界值	P 值	结论
$LC$	1.433	-3.700	-2.976	-2.627	0.998 6	不平稳
$\Delta LC$	-22.687	-3.700	-2.976	-2.627	0.000 1	平稳
$LE$	2.400	-3.689	-2.972	-2.625	0.999 9	不平稳
$\Delta LE$	-3.238	-3.700	-2.976	-2.627	0.028 6	平稳
$LO$	-1.584	-3.711	-2.981	-2.630	0.476 2	不平稳
$\Delta LO$	-3.153	-3.711	-2.981	-2.630	0.034 9	平稳
$LF$	-1.350	-3.700	-2.976	-2.627	0.591 4	不平稳
$\Delta LF$	-3.291	-3.711	-2.981	-2.630	0.025 9	平稳

通过 ADF 检验发现,本文涉及的所有变量在 5% 的显著水平下均为非平稳序列,但它们的一阶差分序列在 5% 的显著水平均为平稳序列,即  $LC$ 、 $LE$ 、 $LO$  和  $LF$  都是一阶单整过程,据此可以进一步检验变量之间是否存在协整关系。

平稳性检验表明,所有一阶差分变量都服从 I(1) 过程,符合进行协整检验的前提条件。本文采用 Johansen 提出的基于向量自回归(VAR)模型的多变量系统极大似然估计法对变量进行协整检验,以确定变量之间是否存在长期的均衡关系。表 3 给出的 Johansen 检验结果支持协整方程的存在,并且在 5% 显著性水平下有一个协整方程,由此可以推断碳排放、能源消费、经济增长和对外贸易之间的确存在一个长期均衡关系。

表 3 基于 Johansen 的协整检验结果

协整方程数	特征值	迹统计量	5% 临界值	Prob. **
None*	0.649	57.714	47.856	0.004 5
At most 1	0.404	29.424	29.797	0.055 2
At most 2	0.393	15.459	15.495	0.050 6

注：“\*”表示在 5% 的水平上显著

虽然 Johansen 协整检验确定了变量间存在长期协整关

建立相应的 VAR(2) 模型可表示为

$$\begin{pmatrix} LC \\ LE \\ LF \\ LO \end{pmatrix}_i = A \times \begin{pmatrix} LC \\ LE \\ LF \\ LO \end{pmatrix}_{i-1} + B \times \begin{pmatrix} LC \\ LE \\ LF \\ LO \end{pmatrix}_{i-2} + C \quad (1)$$

$$\text{其中, } A = \begin{pmatrix} 0.237 & 0.728 & 0.106 & 0.357 \\ -0.051 & 0.913 & 0.063 & -0.224 \\ -0.066 & -0.039 & 1.187 & -2.008 \\ -0.012 & 0.130 & 0.138 & 1.489 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0.032 & -0.042 & 0.006 & -0.388 \\ 0.010 & -0.176 & 0.100 & 0.183 \\ 0.238 & -0.916 & 0.050 & 1.992 \\ 0.028 & -0.093 & -0.029 & -0.568 \end{pmatrix}$$

系,但并未明确指出变量之间因果关系的方向。为进一步验证变量之间的相互关系,本文对变量进行了 Granger 因果检验。表 4 给出的具体检验结果表明:能源消耗、对外贸易、经济增长分别是碳排放的单向 Granger 原因。

表 4 Granger 因果检验

原假设	F 值	P 值	结论
$E$ 不是 $C$ 的 Granger 原因	6.510	0.006	拒绝
$C$ 不是 $E$ 的 Granger 原因	0.423	0.660	接受
$F$ 不是 $C$ 的 Granger 原因	6.443	0.006	拒绝
$C$ 不是 $F$ 的 Granger 原因	0.928	0.410	接受
$O$ 不是 $C$ 的 Granger 原因	6.669	0.005	拒绝
$C$ 不是 $O$ 的 Granger 原因	0.621	0.547	接受

### (三) 脉冲响应分析

以上的分析是基于外部环境保持稳定进行的,而要在外部环境不断变化的情况下分析能源消费、经济增长和对外贸易对碳排放的动态影响关系需要借助脉冲响应函数。

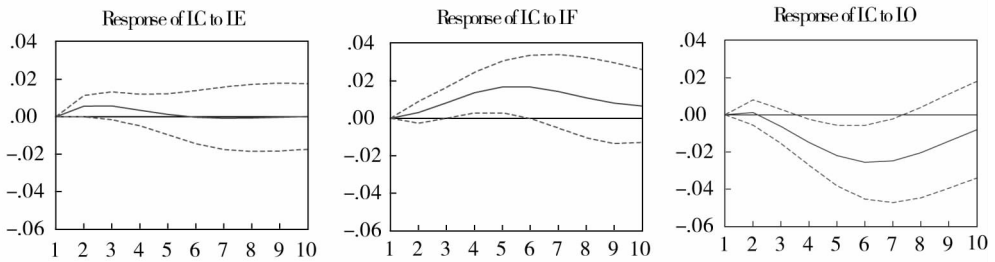


图 2 碳排放对能源消费、对外贸易、经济增长的脉冲响应图

### (四) 方差分解

为进一步分析各变量对人均  $\text{CO}_2$  排放变化的影响程度,对前 10 期各个冲击对碳排放的影响做方差分析。表 5 给出的结果表明,对外贸易解释碳排放的预测方差分解的贡献度最高,从第 6 期开始基本稳定在 44% 左右。经济增长解释碳排放的预测方差分解的贡献度在第 8 期开始稳定在 30% 左右。能源消耗解释碳排放的预测方差分解的贡献度最小,从第 6 期开始基本稳定在 7% 左右。此分析刻画了自 20 世纪 80 年代以来,中国对外贸易、经济发展与环境污染之间的变化关系:中国出口了大量污染密集型产品,以环境代价实现了经济的快速增长。

表 5 各变量对碳排放的预测方差分解

Period	$E$	$F$	$O$
1	0.000 000	0.000 000	0.000 000
2	3.832 238	1.543 961	3.082 727
3	8.119 802	12.408 68	2.266 033
4	9.054 170	29.319 02	7.735 098
5	8.316 003	40.076 27	16.410 87
6	7.591 023	44.004 04	23.665 20
7	7.218 044	44.803 28	28.395 48
8	7.096 853	44.788 18	30.882 98
9	7.068 328	44.887 71	31.738 62
10	7.019 272	45.241 99	31.681 07

## 三 结 论

本文利用中国 1981~2009 年的时间序列数据,选取能源消费、碳排放、经济增长和对外贸易 4 个变量,建立了相应的 VAR(2) 模型,检验了这 4 个变量之间的协整关系,运用广义脉冲响应函数和预测方差分解分析了变量间的动态响应关系。研究结论如下:

1. 中国碳排放与能源消费、经济增长、对外贸易之间存在一个长期协整关系,能源消耗、对外贸易和经济增长分别是碳排放的单向 Granger 原因。

2. 我国目前的能源消耗和对外贸易会引起碳排放的增加,导致环境质量的降低。碳排放的增加一定程度上归咎于单位产品能源消耗量大、能源利用率低、进出口商品结构不合理。而我国经济增长在初始阶段会导致碳排放的增加,后期会减少碳排放,进而改善环境质量。

3. 对外贸易对碳排放的预测方差起着重要作用,能源消费解释碳排放的预测方差程度最小。

### 参考文献:

- [1] 梁朝晖. 经济增长条件下能源消费的变动趋势:理论与实证[J]. 上海经济研究, 2008(2): 31-37.
- [2] Zhang X P, Cheng X M. Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China[J]. Ecological Economics, 2009, 68(10): 2706-2712.
- [3] Coxhead I. A new resource curse? Impact of China's boom on comparative advantage and resource dependence

- in Southeast Asia[J]. World Development,2007,35(7): 1099 - 1119.
- [4] Fredrich K, David R. Energy and exports in China[J]. China Economic Review,2008,19(4):649 - 658.
- [5] 李善同,何建武.从经济、资源、环境角度评估对外贸易的拉动作用[J].发展研究,2009(4):12 - 15.
- [6] Halicioglu F. An econometric study of CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey [J]. Energy Policy,2009(37):1156 - 1164.
- [7] 姚愉芳,齐舒畅,刘琪.中国进出口贸易与经济、就业、能源关系及对策研究[J].数量经济技术经济研究,2008,25(10):56 - 65.
- [8] Stretesky P B, Lynch M J. A cross - national study of association between per capita carbon dioxide emissions and exports to the United States[J]. Social Science Research,2009,38(1):239 - 250.
- [9] Kearsley A, Riddel M. A further inquiry into the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve[J]. Ecological and Development,2009,7(3):215 - 247.
- [10] 何琼.基于投入产出法的隐含碳测算[J].中国科技论坛,2010(9):112 - 116.
- [11] 龙志和,陈青青.中国 CO<sub>2</sub> 排放与经济增长联动性实证分析[J].经济经纬,2011(4):9 - 13.

## An Empirical Study of Dynamic Relationship among Carbon Emissions, Foreign Trade, Energy Consumption, and Economic Growth in China: An Analysis of Impulse Response Based on the VAR Model

HE Qiong<sup>1,2</sup>

(1. School of Energy and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. School of Economics, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Based on the VAR model, this paper, adopting the data of China from 1981 to 2009, examines the long - term dynamic relationship among carbon emissions, energy consumption, economic growth and foreign trade by using the variable stationary test and co - integration test, impulse analysis and variance decomposition analysis. Results show that there is a long - time co - integration relationship among the four variables. Energy consumption and foreign trade have positive effect on carbon emissions, economic growth begins with a positive effect on carbon emissions, but at the later phase the former has a negative effect on the latter, and the extent of influence is sequenced by energy consumption, foreign trade and economic growth. Variance decomposition analysis indicates that foreign trade is the main variable to forecast mean square error of carbon emissions. Therefore, energy consumption is the least variable to forecast mean square error of carbon emissions.

**Key word:** Foreign trade; VAR model; carbon emissions; impulse response

(责任编辑 晏小敏)