安徽省能源消费、碳排放与经济增长的实证分析

陈婷[*1] 初文章

(1.东北财经大学

2.中国民生银行大连分行延安路支行)

【摘 要】：随着全球气候危机日益严重，经济转型压力逐渐增大，我国粗放型经济增长模式和产业结构遭遇双重压力。以安徽省为例，通过格兰杰因果检验、协整分析和脉冲响应图定量分析了安徽省能源消费、碳排放与经济增长之间的相互影响关系，得出结论：碳排放与经济增长之间存在负的协整关系，从长远来看，碳排放的增加对经济发展将有举足轻重的影响，并提出优化产业结构，合理调整能源结构，提高污染性企业在皖投资建设的标准等对策建议。

【关键词】：单位根检验，格兰杰因果检验，协整分析，脉冲响应分析

一、引言

能源是地球赋予人类的宝物，如常见的水能、风能、电能，以及随着科技发展逐渐走入人们视野的核能、生物质能等，已经成为影响社会稳定的一个至关重要的因素。与能源紧密相关的是碳排放问题。从“多哈谈判”到“哥本哈根谈判”，再到中共十八大的召开，都把节能减排作为各国需要努力的目标之一。目前中国正处于经济转型的关键时期，能否实现产业结构的优化与升级不仅关系到中国未来的发展，同时也关系到未来的生态环境质量，甚至与世界环境质量也密不可分。中国是当今世界的碳排放大国之一，节能减排道路任重而道远。在十八大报告中，有 45 处直接提到环境保护和生态文明，足见政府对生态文明的高度重视。据专家预测，未来几年，国家在环境保护、节能减排、生态文明领域将投资约 8 万亿元。目前如何在实现经济增长的同时保护好环境，实现经济发展方式的转变，成为各界关心的焦点。

二、文献回顾

随着能源环境问题日益突出，学术界越来越重视对能源与碳排放问题的研究，主要归为两类，一类是能源与经济增长之间关系的研究，另一类是碳排放与经济增长之间关系的研究。

对于能源与经济增长关系的研究，学者们集中于选取样本进行实证分析来探讨二者之间的联系。Kraft(1978)以美国为考察对象，选取 1947—1974 年的能源消费和 GNP 为样本数据，采用 Sims 因果分析方法进行分析，得出如若美国政府实行了能源保护政策也不会导致经济衰退的结论。Lee(2005)基于 18 个发展中国家(不含中国)1975—2001 年间的数据，运用面板数据分析方法，发现各国的能源消费都会单向影响经济增长，表明对于发展中国家而言，能源消费是经济增长的动因，减少能源消费将不利于经济发展。Omri(2013)基于 14 个中东和北非国家 1990—2011 年间的面板数据，通过对二氧化碳排放量、能源消费和经济

[*]**作者简介：**陈婷(1991-)，女，安徽安庆人，东北财经大学统计学院硕士研究生，研究方向：宏观经济统计。

增长建立联立方程进行实证分析，得出能源消费和二氧化碳排放之间只存在单向因果关系，而整个地区的经济增长和二氧化碳排放之间存在双向因果关系。还有一些学者基于协整理论，对相关对象建立模型进行实证分析。陈首丽和马立平(2010)通过建立模型不仅分析了能源消费与经济增长的长期效应和短期调整，并且考虑了在其他投入要素效应下的能源消费与经济增长的关系。

对于碳排放的研究主要集中在实证分析。早期的研究大多不考虑能源消费的因素，主要研究环境库茨涅兹曲线是否存在或者环境库茨涅兹曲线的形状，相关的研究主要有：List 和 Gallet(1999)以及 Stem 和 Common(2001)等选定二氧化硫作为环境指标，证实了环境库茨涅兹曲线的存在。后来随着温室效应越来越严重，碳排放逐渐成为人们关注的焦点，开始有学者在环境库茨涅兹曲线的基础上研究二氧化碳的库茨涅兹曲线。如 Galeottia 和 Lanza(2005)证实了二氧化碳的库茨涅兹曲线的存在性。国内也有一些学者利用各种碳排放测算方法估算我国的碳排放。如齐晔等(2008)以投入产出表为起点，测算出了中国 1997—2006 年间进出口贸易中的隐含碳。国内学者的另一个关注点是分析碳排放的影响因素。例如，徐玉高和郭元(1999)通过分析人均 GDP 对人均碳排放量的影响，认为随着人均单位 GDP 的不断增长，人均单位碳排放也会不断增长；宋德勇和卢忠宝(2009)在分析我国 1990—2005 年的时序数据时，采用了两阶段 LMD 分解方法，认为影响我国碳排放的因素主要有四个，即经济产出、能源结构、能源效率及碳排放强度，并且得出经济增长是影响碳排放的最主要的影响因素。孙欣和宋马林(2013)通过绘制脉冲响应图和方差分析，得出从长期来看能源对碳排放的影响最大，从动态来看第二产业的比重对碳排放的影响最为明显。

三、安徽省能源消费、碳排放与经济增长关系的实证分析

1.指标的选取与数据来源

本文主要选用 2000—2012 年安徽省经济增长(y)、能源消费量(x1)和碳排放(x2)数据，数据主要来源于《安徽省统计年鉴》以及根据相关资料整理得到。由于中国尚未公布碳排放的数据，安徽省碳排放数据由以下公式计算得到。

$$C=\sum C_i=\sum F_i E_i \qquad (1)$$

其中，F_i 是第 i 种能源的消耗量，E_i 是第 i 种能源的碳排放系数，能源口径包括煤炭、石油、天然气、水能、风能及核能。根据国家发改委能源研究所公布的数据，煤炭、石油、天然气的碳排放系数分别为 0.7476、0.5825、0.4435，水能、风能及核能的碳排放系数都为 0。

2.变量的单位根检验

时间序列自身平稳或者同阶单整是进行协整检验的前提。若原序列不平稳，则需对其进行差分，将非平稳时间序列转化为平稳时间序列，即形成单整序列。本文使用 Eviews6.0 对能源消费、碳排放及 GDP 进行单位根检验。由于天然气的普遍使用相对于煤炭和石油较晚，所能获得的安徽省天然气使用情况数据最早仅为 2000 年，序列时间期数较少，如使用 ADF 检验则功效较低，所以采用根据 GLS 方法的退势 DF 检验，简称为 DFGLS 检验。检验的输出结果经整理后如表 1 所示。在显著性水平 1%下，其二阶差分通过了单位根检验，即能源消费、碳排放和 GDP 序列均为二阶单整序列，故能够对其进行协整检验。

表1　能源、碳排放和GDP的单位根检验

变量	DFGLS值	P值	结论
x_1	-2.0787	0.0600	不平稳
Δx_1	-3.7898	0.0530	不平稳
$\Delta^2 x_1$	-5.0040	0.0016	平稳
x_2	-2.2990	0.0470	不平稳
Δx_2	-1.8960	0.0870	不平稳
$\Delta^2 x_2$	-3.5610	0.0060	平稳
y	-1.9540	0.0800	不平稳
Δy	-1.0780	0.3000	不平稳
$\Delta^2 y$	-6.0180	0.0005	平稳

注：△表示一阶差分，$\triangle^2$表示二阶差分，显著性水平为1%

3.协整检验

本文主要采用 Johansen 协整检验对能源消费、碳排放和经济增长进行协整分析，运用软件 Eviews6.0，输出结果如表 2 所示。

表2　能源、碳排放和GDP的协整检验

协整向量个数	特征值	迹统计量	临界值	P值
没有	0.9167	44.0415	29.7971	0.0006
至多一个	0.7805	16.7208	15.4947	0.0327
至多两个	0.0021	0.0234	3.8415	0.8782

表 2 的输出结果显示，在显著性水平 5%下，拒绝了零个协整向量的原假设和至多一个协整向量的原假设，无法拒绝至多存在两个协整向量的原假设，表明安徽省能源消费、碳排放与经济增长之间存在协整关系。

4.格兰杰因果分析

运用软件 Eviews6.0 对能源消费、碳排放和 GDP 进行 Granger 因果检验，输出结果如表 3 所示。

表3　格兰杰因果检验

原假设	F统计量	P值	结论
x_2不是x_1的格兰杰原因	1.0708	0.04002	拒绝原假设
x_1不是x_2的格兰杰原因	3.0155	0.01240	拒绝原假设
y不是x_1的格兰杰原因	0.6096	0.04741	拒绝原假设
x_1不是y的格兰杰原因	0.7543	0.03102	拒绝原假设
y不是x_2的格兰杰原因	0.1546	0.08601	无法拒绝原假设
x_2不是y的格兰杰原因	4.1965	0.00724	拒绝原假设

从表 3 的结果可知，碳排放与能源消费以及 GDP 与能源消费之间存在双向互为影响的关系，而碳排放只能单向影响 GDP。故从长远角度来看，无论是减少能源消费还是降低碳排放都将会对经济增长产生一定程度的影响。

由 Eviews6.0 输出协整方程如下：

$y=-1.51+2.34x_1-0.26x_2$ (2)

(-6.581) (0.1871) (0.1279)

$R^2=0.967$，$\bar{R}^2=0.953$

由回归方程结果可知：碳排放与经济增长之间存在负的协整关系，即 GDP 会随着碳排放的增加而逐渐降低，碳排放每增加 1 万吨标准煤，安徽省 GDP 平均减少 0.26 亿元，表明从长远角度来看碳排放的减少会有利于安徽省经济的发展，主要是因为碳排放的减少意味着资源的利用率提高，单位生产要素的产出增加，也可能是产业结构优化，节能减排技术创新等，这些都是促使经济增长的积极因素。而能源消费与经济增长之间存在正的协整关系，每增加 1 万吨标准煤的能源消费，会带来平均 2.34 亿元的经济增长，这说明能源要素的投入仍然是经济增长的主要推动力。这一结论与近年来安徽省经济增长的同时能源消耗量也在大幅度上升的实情大致相符。

5. VAR 模型及数据分析

能源消费、碳排放与经济增长之间是相互影响的关系，一个变量的脉冲(impulse)或者新生(innovation)可以直接影响到其他变量的变化，继而间接通过其他变量的变化来影响自身的发展趋势。对能源消费、碳排放与经济增长建立 VAR 模型，并且绘制脉冲响应图，从而了解一个内生变量的变化冲击给其他内生变量所带来的影响。VAR(p)模型的数学表达式是：

$y_t=\Phi_1 y_{t-1}+\cdots+\Phi_p y_{t-p}+Hx_t+\varepsilon_t \quad t=1,2,\cdots,T$ (3)

式中：y_t 是 k 维内生变量列向量，x_t 是 d 维外生变量列向量，p 是滞后阶数，T 是样本个数，k×k 维矩阵 Φ_1，…，Φ_p 和 k×d 维矩阵 H 是待估计的系数矩阵。ε_t 是 k 维扰动列向量，它们相互之间可以同期相关，但不与自己的滞后期相关，并且不与等式右边的变量相关。

模型的参数估计采用极大似然估计法，滞后阶数根据 AIC 原则来确定，得出滞后阶数 p=2。VAR 模型的估计结果为：

$$\begin{bmatrix} y_t \\ x_{1t} \\ x_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -7272.8 \\ -4928.7 \\ -596.8 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.86 & 0.25 & -0.13 \\ -0.56 & 0.5 & 0.14 \\ -0.86 & 0.06 & .32 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ x_{1t-1} \\ x_{2t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.75 & -1.02 & 0.05 \\ 1.55 & 0.02 & 0.17 \\ 1.96 & 1.98 & -0.45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-2} \\ x_{1t-2} \\ x_{2t-2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

对 VAR(2)模型进行单位根检验，发现矩阵的特征根在单位圆内，故 VAR(2)模型是平稳的。在此基础之上进行脉冲响应分析，由此绘得的 GDP(y)与能源(x_1)、碳排放(x_2)之间的脉冲响应图如图 1 所示：

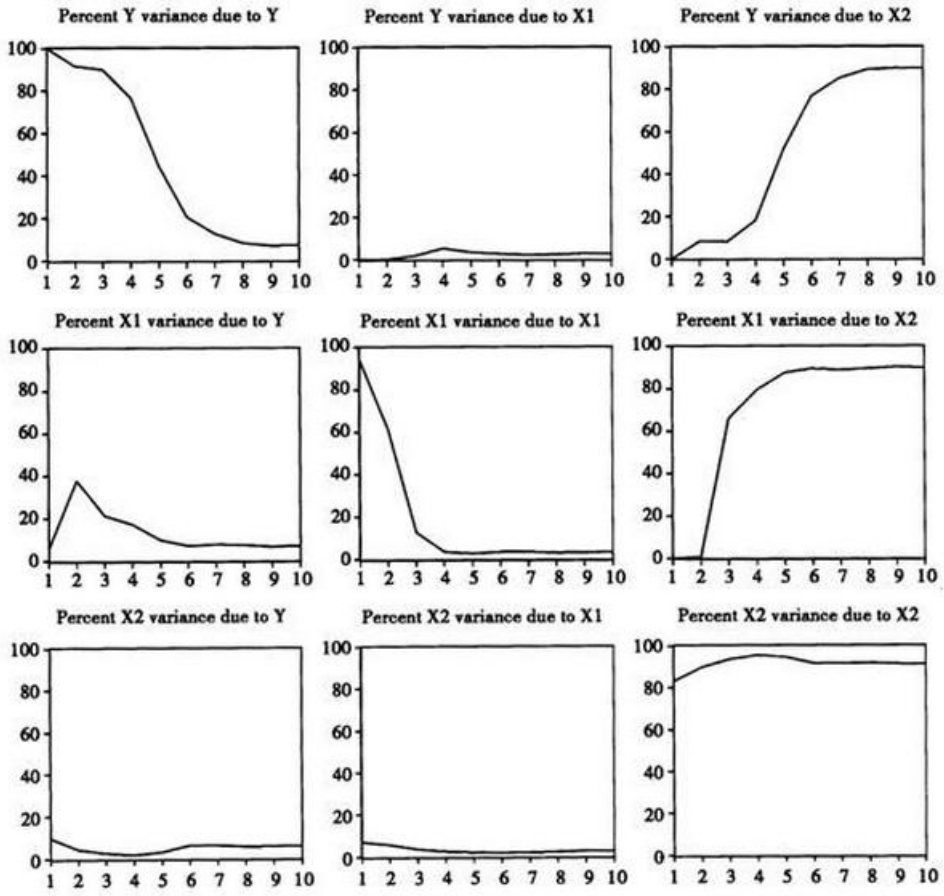

图1　GDP、能源消费、碳排放之间的冲击响应图

由图 1 可知，GDP 对自身的冲击起初有较强的反应，随后迅速下降，逐渐缓慢减小到 0，表明 GDP 具有一定的惯性。GDP 对能源消费的冲击开始较弱，但一直缓慢增长，随即保持一定的水平。GDP 对碳排放的冲击同样开始较弱，但是随时间增长快速变强，说明从长远角度出发，碳排放的增加对经济发展有很大影响。能源消费对经济增长所带来的冲击开始时逐渐增加，到达顶峰之后开始下降，这与初期经济增长需要以能源消费为代价的事实相符，但随着经济不断增长，科技不断进步，能源利用效率会提高，同时新型能源的出现也会使能源消费量逐渐降低。能源消费对自身的冲击开始较大，但逐渐降低至零，能源消费对碳排放的冲击初期为零，随后迅速增大，达到最大值之后保持平衡。碳排放对经济增长与能源消费的冲击保持稳定，没有明显的剧烈涨幅，但碳排放对自身的冲击反应较强。

四、结论与建议

碳排放与能源消费以及 GDP 与能源消费之间存在双向互为影响的关系，而碳排放只能单向影响 GDP，并且碳排放与经济增长之间存在负的协整关系，能源消费与经济增长之间存在正的协整关系，说明能源是经济增长的主要动力之一，而良好的生态环境对经济的长远发展也有举足轻重的作用。对此提出以下几点建议：

1.优化产业结构

目前安徽省的产业结构中，第一和第二产业所占比重较大，第三产业所占比重较小，并且产业结构不合理，效益偏低。其中，工业是推动经济发展的主要动力，同时也是环境污染的源泉之一。安徽省的工业结构多以炼钢、化工、交通和煤炭等基础产业为主，由其产生的废水、废气和固体废弃物是造成水污染、空气污染等环境污染的主要原因。随着科学发展观的提出，安徽省正积极由粗放型发展方式向集约型转变，少数高污染、高能耗行业虽然也在努力改善，但成果仍不明显。为了能够实现产业结构升级，在稳固发展农业、工业的同时，必须大力扶持第三产业的发展，积极引进高新技术产业，使其在产业结构中的比重逐步上升。

2.合理调整能源结构

目前安徽省以煤炭、石油为主要能源，尽管政府一直提倡清洁能源，但是真正投入使用的依然是产生大量污染性产物的化石能源。截至2011年，安徽省已有6家生物质发电厂建成使用，但其发电量远远落后于安徽省的用电需求。安徽省政府应当加大对生物质发电厂的投资，努力建成覆盖各市的生物质发电网点，同时相关技术部门也应不断更新技术设备，提高能源利用效率，这样不但可以合理利用秸秆等废物垃圾，减少其燃烧对环境造成的污染，而且还能使其成为煤炭的替代物，从而减少对煤炭等化石燃料的需求。

3.提高污染性企业在皖投资建设的标准

安徽省是中部欠发达地区，为寻求经济增长曾一度承接国外高污染、高能耗产业的转移，成为发达国家的“污染避难所”，一方面提供廉价的劳动力，另一方面承担发达国家滥用资源、破坏环境的后果。为改变现状，安徽省政府应该认真选择在皖投资企业，对那些可能对资源环境造成破坏的企业，应适当提高其投资建设标准，并实施严格监管；鼓励清洁无污染的企业来皖投资，并给予相应的政策优惠，如减免部分税收，提供技术补贴等。

作者简介：陈婷(1991-)，女，安徽安庆人，东北财经大学统计学院硕士研究生，研究方向：宏观经济统计。

参考文献：

[1] Kraft J, Kraft A. On the relationship between energy and GNP[J]. Energy Development, 1978(3): 401-403.

[2] Lee C C. Energy consumption and GDP in developing countries: a cointegrated panel analysis[J]. Energy Economics, 2005, 27(3): 415-427.

[3] Anis Omri. CO_2 emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models[J]. Energy Economic, 2013(40): 657-664.

[4] List J A, Gallet C A. The environment Kuznets curve: dose one size fit all?[J]. Ecological Economics, 1999, 31(3): 409-424.

[5] Stern D I, Common M S. Is there an environmental Kuznets curve for sulfur?[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2001, 41(2): 162-178.

[6] Galeottia M, Lanza A. Desperately seeking environment Kuznets[J]. Environmental Modelling &Software, 2005, 20(11): 1379-1388.

[7] 陈首丽，马立平.我国能源消费与经济增长效应的统计分析[J].管理世界，2010(1)：167-168.

[8] 齐晔，李惠民，徐明.中国进出口贸易中的隐含碳估算[J].中国人口，资源与环境，2008(3)：8-13.

[9] 徐玉高，郭元，吴宗鑫.经济发展，碳排放和经济演化[J].环境科学进展，1999，7(2)：55-64.

[10] 宋德勇，卢忠宝.中国碳排放影响因素分解及其周期波动性研究[J].中国人口，资源与环境，2009，19(3)：18-24.

[11] 孙欣，张可蒙，宋马林.中国碳强度影响因素长期均衡与动态分析[J].统计与信息论坛，2013，28(12)：47-52.