

# Dynamic Analysis of Carbon Dioxide by Energy Consumption, Technological Progress and Economic Growth

Qun Wang

Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi  
Email: 1464347983@qq.com

Received: Jul. 3<sup>rd</sup>, 2018; accepted: Jul. 17<sup>th</sup>, 2018; published: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2018

---

## Abstract

This paper uses the GDP, energy consumption, technological level and CO<sub>2</sub> data of 30 provinces and cities from 1999 to 2015 to explore the dynamic relationship between them using panel VAR model. The results show that: the increase in energy intensity promotes the increase of carbon dioxide emissions and economic growth; the increase in carbon dioxide emissions promotes economic growth and energy consumption; the improvement of technological progress inhibits the growth of carbon dioxide and energy consumption, and the relationship between them is not very obvious; the increase in economic growth has increased energy consumption, carbon dioxide, and technological progress.

## Keywords

Panel VAR Model, GDP, Carbon Dioxide

---

# 能源消费、技术进步、经济增长对二氧化碳的动态分析

王 群

江西财经大学, 江西 南昌  
Email: 1464347983@qq.com

收稿日期: 2018年7月3日; 录用日期: 2018年7月17日; 发布日期: 2018年7月23日

## 摘要

本文利用1999~2015年的30个省市的GDP、能源消费、技术水平及CO<sub>2</sub>数据,使用面板VAR模型探讨他们之间的动态关系。结果显示:能源消耗强度的增加促进二氧化碳排放量、经济增长的上升;二氧化碳排放量的升高促进经济增长、能源消耗的增长;技术进步的提高抑制了二氧化碳、能源消耗的增长,而与经济增长之间的关系不是很明显;经济增长的升高使得能源消耗、二氧化碳和技术进步都有所提高。

## 关键词

面板VAR模型, GDP, 二氧化碳

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

国家统计局发布《2016年国民经济和社会发展统计公报》显示,初步核算,我国2016年全年能源消费总量43.6亿吨标准煤,比2015年增长1.4%。煤炭消费量下降4.7%,原油消费量增长5.5%,天然气消费量增长8.0%,电力消费量增长5.0%。煤炭消费量占能源消费总量的62.0%,比2015年下降2.0个百分点;水电、风电、核电、天然气等清洁能源消费量占能源消费总量的19.7%,上升1.7个百分点。随着我国经济持续不断的发展,各国的温度也在不断的上升,近50年来,全球气候变暖主要是由于人类活动产生大量的二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等温室气体。温度的升高使很多农作物的生长受到影响,甚至冰川融化,这些现象主要是由于二氧化碳的过量排放导致的,这使我国的经济增长也受到了一定程度的影响。对已有文献进行梳理发现,为了研究二氧化碳与经济增长之间的动态关系,我国学者对此作了很多方面的研究。比如,师应来,胡晟明[1](2017)建立个体固定效应面板VAR模型对平均GDP,平均二氧化碳和技术水平的对数形式进行了三个变量之间关系的分析。姚君[2](2015)使用自回归模型探讨了能源消费、二氧化碳、技术水平、劳动力和GDP之间的关系。倪超军,马雪琴[3](2017)使用省份的数据建立面板PVAR模型对金融发展、技术进步和低碳经济之间的关系进行了实证研究。李福祥,刘琪琦等[4](2016)使用2010~2014年的数据探讨了经济增长、进出口贸易额和能源消费三者之间的动态关系并将我国省份分成高低碳两组,分别对两组数据建立面板VAR模型进行分析。还有很多学者对此做了研究,并取得了一定的研究成果。本文研究的意义是:量化各个省份的二氧化碳排放量,探讨经济增长、能源消费、技术进步水平及二氧化碳之间的相互作用效应。本文的创新点是:关于经济增长、能源消费、技术进步水平及二氧化碳之间的动态分析却很少有学者研究;以及计算CO<sub>2</sub>时,大部分学者认为电力是由其他能源产生的,因此常常把电力产生的CO<sub>2</sub>排除在外;根据已有的文献可以看出,大部分的学者都采用的是面板VAR模型,却很少有人使用个体固定效应的面板VAR模型。基于此探讨经济增长、能源消费、技术进步水平及二氧化碳四者之间的关系,并在计算产生的总CO<sub>2</sub>时,把对电力产生的CO<sub>2</sub>进行了合理的处理。

## 2. 数据来源及变量的测算

### 2.1. 数据来源

由于《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》中的数据更新最新一期的数据是 2015 年的, 因此本文使用 1999~2015 年期间的分地区国内生产总值、主要能源消费、主要能源消费产生的  $\text{CO}_2$ , 以及专利申请数的数据, 由于考虑到数据的易获得性, 本文使用我国 30 个省市(除去西藏及港澳台)中的相应数据。

### 2.2. 变量的测算

在变量的选取上, 本文使用的是各个省市的生产总值来表示各个省市的经济增长和各个省市 9 种主要能源消耗产生的二氧化碳作为各个省市产生的总的二氧化碳量, 各省市的主要能源消费作为能源消耗, 专利申请数作为技术水平, 本文选取这四个变量的对数形式进行探讨, 即  $\ln \text{GDP}$ ,  $\ln \text{CO}_2$ ,  $\ln \text{K}$ ,  $\ln \text{ENERGY}$ 。

#### 2.2.1. 二氧化碳的测算

1999 年~2015 年的数据来自《中国能源统计年鉴》30 个省市的主要能源消耗量, 中国的能源消耗被分成了 9 大类型, 根据 IPCC 的《国家温室气体清单指南》(2006)中的公式计算了八大类型的每个省市的  $\text{CO}_2$  的排放量, 即  $\sum_{j=1}^8 E_j = \sum_{j=1}^8 C_j \times \text{平均低位发热量} \times \text{标准煤系数} \times \text{单位热值含碳量} \times \text{碳氧化率}$

( $j=1, 2, \dots, 8$ ), 其中  $E_j$  表示消耗第  $j$  种能源产生的二氧化碳,  $C_j$  表示第  $j$  种能源消耗量。最后一种电力的计算是根据魏思超(2012)的方法计算的[5], 将其八种能源的每个省市的  $\text{CO}_2$  排放量加上电力产生的  $\text{CO}_2$  即可得到每个省市总的  $\text{CO}_2$  排放量  $E_t = \sum_{j=1}^8 E_j + E_9$ 。

#### 2.2.2. 能源消费的测算

把各省市的主要能源消费按照下面的系数进行折合成标准煤, 各能源的折合系数见表 1。

各主要能源消耗量根据折合系数折合成标准煤, 计算出每个省市折合成的标准煤及作为能源消费指标。

## 3. 建立模型

### 建立面板 VAR 模型

由于考虑数据的获得性, 本文选用的是从 1999~2015 年 30 个省市(除去西藏及港澳台)总的二氧化碳排放量、总的能源消费、总的 GDP 及技术进步水平的对数形式, 根据 hausman 检验, 研究这四个变量之间的动态分析本文应该使用个体固定效应的面板 VAR 模型, 即建立个体固定效应的面板 VAR 模型为[1]:

$$Y_t = \alpha + \gamma + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t = \alpha + \gamma + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

其中,  $Y_t = \begin{pmatrix} \ln(\text{ENERGY}) \\ \ln(\text{CO}_2) \\ \ln(\text{GDP}) \\ \ln(\text{K}) \end{pmatrix}$ ,  $\alpha = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \end{pmatrix}$ ,  $\beta = \begin{pmatrix} \beta_{11,i} & \beta_{12,i} & \beta_{13,i} & \beta_{14,i} \\ \beta_{21,i} & \beta_{22,i} & \beta_{23,i} & \beta_{24,i} \\ \beta_{31,i} & \beta_{32,i} & \beta_{33,i} & \beta_{34,i} \\ \beta_{41,i} & \beta_{42,i} & \beta_{43,i} & \beta_{44,i} \end{pmatrix}$ ,  $\varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \\ \varepsilon_{4t} \end{pmatrix}$ ,  $\gamma$  是一个  $4 \times 1$  的矩阵。模

型中假设误差项服从  $N(0, \sigma^2)$  分布, 本文使用 AIC, SC 和 HQ 值达到最小的方程来确定  $p$  的值, 其中[5],

$$\text{AIC} = -2 \frac{l}{n} + 2 \frac{k}{n},$$

**Table 1.** Factorization of each energy source**表 1.** 各能源的折合系数

煤炭	焦炭	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	天然气	电力
0.7143	0.9714	1.4286	1.4714	1.4714	1.4571	1.4286	1.2143	1.229

$$SC = -2\frac{l}{n} + k\frac{\ln n}{n},$$

$$HQ = -2\frac{l}{n} + 2k\frac{\ln(\ln n)}{n}$$

$n$  代表样本量,  $m$  表示维度,  $l = -\frac{mn}{2}(1 + \ln 2\pi) - \frac{n}{2} \ln \left[ \det \left( \Sigma_t, \frac{\widehat{\varepsilon}_t \widehat{\varepsilon}_t'}{n} \right) \right]$ ,  $k$  待估参数的个数, 经过实验,

可以得出当滞后期  $p = 2$  时, 检验 AIC 和 SC 值最小。

## 4. 实证分析

### 4.1. 单位根检验

本文使用 EViews 软件对  $\ln GDP$ ,  $\ln CO_2$ ,  $\ln K$ ,  $\ln ENERGY$  进行单位根检验, 单位根检验是一种比较正式的检验时间序列平稳性的方法。使用 ADF 检验统计量和原假设成立的概率。滞后阶数通过 AIC 最小值来确定单位根检验, 检验结果如表 2。

原假设为序列存在单位根。由序列输出的结果可以看出,  $\ln GDP$ ,  $\ln CO_2$ ,  $\ln K$ ,  $\ln ENERGY$  序列检验显示的  $p$  值都明显大于显著性水平 0.05, 所以不应拒绝原假设, 即认为四个序列都存在单位根, 都是不平稳的。因此对该序列进行一阶差分, 经过一阶差分后的序列,  $p$  值都呈现出小于显著性水平 0.05 的, 所以应拒绝原假设, 即认为一阶差分后的序列是不存在单位根的, 是平稳的。这也说明本文研究的四个时间序列都是 I(1) 平稳的。

### 4.2. 因果关系检验

为了确定  $\ln GDP$ ,  $\ln CO_2$ ,  $\ln K$ ,  $\ln ENERGY$  之间的因果关系, 对滞后一期的时间序列进行格兰杰检验, 本文选择滞后期为 3 期, 检验的结果如表 3 所示。

格兰杰检验的原假设是四个变量之间不存在格兰杰因果关系。从结果可以看出,  $\nabla \ln ENERGY$  与  $\nabla \ln CO_2$  之间检验的  $p$  值是小于 0.05, 即拒绝原假设, 表示能源消费与二氧化碳之间存在相互的因果关系, 即可以说减少能源的消费就会减少二氧化碳的排放,  $\nabla \ln GDP$  到  $\nabla \ln CO_2$  之间检验的  $p$  值小于 0.01, 应拒绝原假设, 即表示经济增长到二氧化碳存在因果关系, 而  $\nabla \ln CO_2$  与  $\nabla \ln GDP$  之间检验的  $p$  值大于 0.01, 不应拒绝原假设, 即说明二氧化碳到经济增长不存在因果关系, 因此二氧化碳与经济增长存在单向的因果关系。以此类推, 经济增长到技术水平存在因果关系, 说明了经济增长会促进技术的进步。技术的进步可以减少二氧化碳的排放和减少能源的消费。能源消耗的增长促进经济增长, 经济增长也促进能源消耗。

### 4.3. 脉冲响应函数

根据以上的分析, 本文选择建立 VAR(2) 模型。

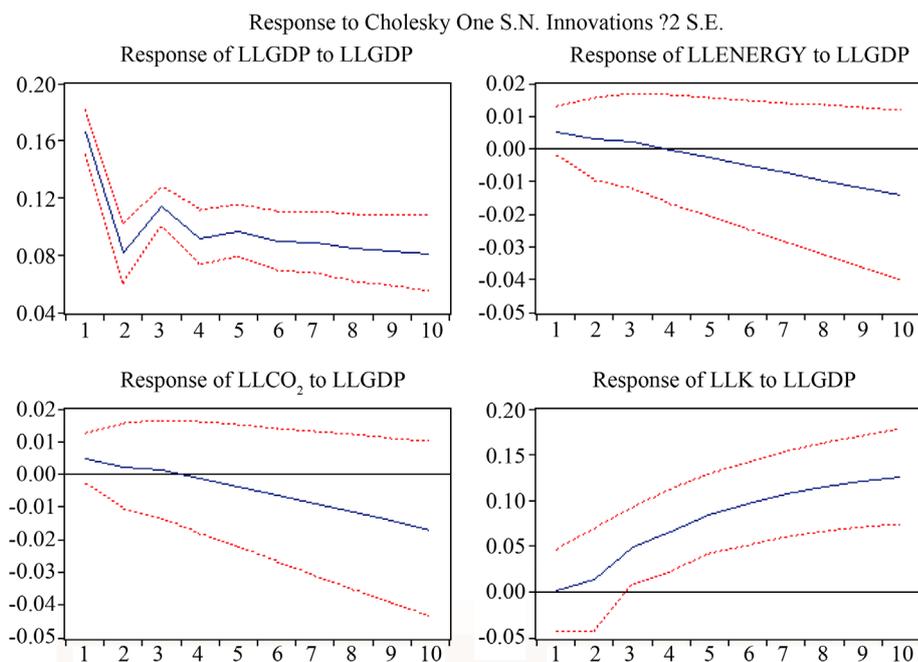
用于分析经济增长与二氧化碳之间的关系。为了确定四个时间序列之间的动态关系, 进行脉冲响应函数与方差分解分析。如图 1 是经济增长的脉冲响应函数曲线图。其中涉及到的变量  $LLGDP$ ,  $LLK$ ,  $LLCO_2$ ,  $LLENERGY$  分别表示一阶差分后的对数 GDP, K,  $CO_2$ , ENERGY。

**Table 2.** Unit root test  
**表 2.** 单位根检验

变量	检验类型	ADF 检验	P 值	检验结果
ln GDP	(C,T,0)	42.3915	0.1036	不稳定
ln CO <sub>2</sub>	(C,T,0)	40.4787	0.1445	不稳定
ln K	(C,T,0)	15.1623	0.9949	不稳定
ln ENERGY	(C,T,0)	40.6989	0.1392	不稳定
∇ ln GDP	(C,T,0)	83.7076	0.00	稳定
∇ ln CO <sub>2</sub>	(C,T,1)	54.8793	0.0071	稳定
∇ ln K	(C,T,0)	135.013	0.00	稳定
∇ ln ENERGY	(C,T,0)	53.9225	0.009	稳定

**Table 3.** Granger test  
**表 3.** 格兰杰检验

变量	∇ ln GDP	∇ ln CO <sub>2</sub>	∇ ln K	∇ ln ENERGY
∇ ln GDP		0.0046	0.0011	0.0078
∇ ln CO <sub>2</sub>	0.0332		0.5114	0.0046
∇ ln K	0.9456	0.0020		0.0025
∇ ln ENERGY	0.0030	0.0275	0.4629	



**Figure 1.** Impulse response diagram of economic growth  
**图 1.** 经济增长的脉冲响应图

上下两条红色的曲线表示相应脉冲响应图像两侧加或者减两倍标准差的置信带。中间的一条蓝线表示随着预测期的增加，LLCO<sub>2</sub>，LLK，LLENERGY 对 LLGDP 的一个标准差新息的脉冲响应。从图上可以看出，能源消耗和二氧化碳在滞后期内一直呈现出下降的状态，能源消耗大概在滞后期为 4 时开始呈

现出低于 0 以下，这说明能源消耗对经济增长存在短期和长期的阻碍作用；二氧化碳和能源消耗的作用相似，也起到对经济增长短期和长期的阻碍作用。而技术进步在前 8 期不断上升达到 10 左右，而后基本维持在 11 左右，这说明技术进步在短期内可以促进经济增长的提高，但是随着时间的推移经济增长的提高速度回落。综上所述，无论是长期还是短期，能源消耗和二氧化碳都是阻碍经济增长的，而技术进步在短期促进经济增长的速度是比较显著的，但是在长期促进增长的速度就比较缓慢了。

#### 4.4. 方差分解

面板 VAR 模型还可以进行方差分解来分析两个时间序列的动态特征。方差分解的主要思想是：把系统中每个内生变量的波动按其成因分解为与各方程新息相关  $n$  (总内生变量的个数) 个组成部分，从而了解各新息对模型内生变量的相对重要性。本文对二氧化碳做方差分解，如表 4。

从表 4 可以看出，能源消耗方差贡献率最大，高达 90% 以上，说明引起二氧化碳量增加的最大因素主要是能源的消耗。其次是经济增长，随着滞后期的增加，经济增长的方差贡献率在增加；技术水平对二氧化碳的方差贡献率最小，贡献率也在不断的增加，说明经济增长和技术进步对二氧化碳的影响是有一定的解释力度的，但是在滞后期为 7 时，也基本趋于稳定。

### 5. 结论与建议

#### 5.1. 结论

本文使用 1999~2015 年分地区生产总值、能源消耗及技术水平和主要能源产生的  $\text{CO}_2$  进行了探讨，使用面板数据建立面板 VAR 模型对经济增长、能源消耗、技术水平和二氧化碳之间进行动态分析。通过单位根的检验，结果显示原序列的 GDP, ENERGY, K 与  $\text{CO}_2$  是存在单位根的，表明序列是不平稳的，经过一阶差分后四个时间序列都呈现出不存在单位根，表明序列都是平稳，这也说明本文研究的四个时间序列都是  $I(1)$  平稳的。为了探讨四个时间序列的因果关系又对一阶差分后的序列做了格兰杰检验，从结果可以看出，能源消费与二氧化碳之间存在相互的因果关系，说明减少能源的消费就会减少二氧化碳的排放；经济增长到二氧化碳存在因果关系，说明二氧化碳到经济增长不存在因果关系，因此二氧化碳与经济增长存在单向的因果关系。经济增长到技术水平存在因果关系，说明了经济增长会促进技术的进步。技术的进步可以减少二氧化碳的排放和减少能源的消费。对二氧化碳的影响因素做了动态分析，选

Table 4. Variance decomposition of  $\text{CO}_2$

表 4.  $\text{CO}_2$  的方差分解

period	S.E.	LLGDP	LLENERGY	LLCO <sub>2</sub>	LLK
1	0.166149	0.666175	98.54717	0.786658	0
2	0.186509	0.264047	98.77599	0.757679	0.202283
3	0.22019	0.151095	98.69858	0.837761	0.312563
4	0.241256	0.105974	98.55448	0.96921	0.370335
5	0.262959	0.112694	98.34952	1.133856	0.403927
6	0.281336	0.169882	98.07622	1.322891	0.431004
7	0.298794	0.270581	97.73903	1.531292	0.459101
8	0.314773	0.414967	97.33715	1.755421	0.492466
9	0.329823	0.600861	96.87328	1.992495	0.533366
10	0.343922	0.828224	96.34834	2.240133	0.583308

择的这些变量对二氧化碳都有一定程度上的影响。综上所述，地区生产总值、能源消耗及技术水平和主要能源产生的 CO<sub>2</sub> 之间的动态关系是：能源消耗强度的增加促进二氧化碳排放量、经济增长的上升，但是与技术进步不存在关系；二氧化碳排放量的升高促进经济增长、能源消耗的增长，而与技术进步不存在之间的关系；技术水平的提高抑制了二氧化碳、能源消耗的增长，而与经济增长之间的关系不是很明显；经济增长的升高使得能源消耗、二氧化碳和技术进步都有所提高。

## 5.2. 建议

通过以上的分析，可以就减少二氧化碳的排放提出以下几点建议：

- 1) 技术水平的提高可以抑制二氧化碳的排放量，因此可以引进先进的技术进行生产，但是这一方面需要权衡引进先进技术的成本。
- 2) 能源消耗是产生二氧化碳的主要因素，可以优化能源的使用结构以及适当的减少能源的使用量。
- 3) 经济增长也会促进二氧化碳的增长，所以我国应该在追求经济增长的同时，应权衡一下所产生的环境成本。

## 参考文献

- [1] 师应来, 胡晟明. 技术进步、经济增长对二氧化碳排放的动态分析[J]. 统计与决策, 2017(16): 149-151.
- [2] 姚君. 我国能源消费、二氧化碳排放与经济增长关系研究[J]. 生态经济, 2015, 31(5): 53-56.
- [3] 倪超军, 马雪琴. 金融发展、技术进步与低碳经济关系的实证研究——基于面板 VAR 模型的动态检验[J]. 生态经济, 2017, 33(2): 41-44.
- [4] 李福祥, 刘琪琦, 张霄怡. 经济增长、进出口贸易额、能源消费的动态关系研究——基于碳排放强度分组的省级面板 VAR 模型的实证分析[J]. 生态经济, 2016, 32(9): 75-81.
- [5] 易丹辉. 数据分析与 EVIEWS 应用[M]. 北京: 中国人民大学出版, 2017.

### 知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2169-2556，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱：[ass@hanspub.org](mailto:ass@hanspub.org)