

# 湖南省能源消费与经济增长均衡关系实证分析

周跃云, 赵先超, 李昊

(湖南工业大学 长株潭两型社会研究院 全球低碳城市联合研究中心, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 利用湖南省 1999—2008 年的经济与能源数据, 在对湖南省经济总量、能源消费总量、能源消费构成以及单位 GDP 能耗等现状分析的基础上, 采用 ADF 检验法、Granger 因果关系检验法等计量方法研究了湖南省能源消费与经济增长之间的关系。实证研究表明: 湖南省能源消费与经济增长之间存在长期均衡关系, 并且存在从经济增长到能源消费的单向 Granger 因果关系。

**关键词:** 能源消费; 经济增长; 协整性; 因果关系

中图分类号: F206

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)06-0075-06

## Empirical Analysis on Equilibrium Relationship between Energy Consumption and Economic Growth of Hunan

Zhou Yueyun, Zhao Xianchao, Li Hao

(The International Low-Carbon Urban Joint Research Centre, Institute of "Two-Oriented Society" of CZT, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** By using 1999 - 2008 economy and energy data of Hunan, makes an analysis on its total economic output, total energy consumption, energy consumption composition and per unit GDP of energy consumption. Based on it, applies the ADF testing method and Granger causality test method to research the relationship between its energy consumption and economic growth. The result shows that: there is a long-term equilibrium relationship between energy consumption and economic growth in Hunan, and exists one-way Granger causal relationship from economic growth to energy consumption.

**Keywords:** energy consumption; economic growth; cointegration; causality

### 1 研究背景

能源是人类生产与生活必不可少的重要物质基础, 也是国民经济持续发展的支撑和动力。进入 21 世纪以来, 全球普遍面临资源与能源短缺, 环境污染加剧等一系列严峻问题。据测算, 2005 年我国能源生产总量折合标准煤 20.6 亿 t, 能源消费总量折合标准煤 22.2 亿 t, 能源的消费速度同比增长 9.5%, 远高于当年全球 2.7% 的增长率, 是世界上能源消费增

长最快的国家<sup>[1]</sup>。为此, 党的十六届五中全会要求把节约能源作为基本国策, 并确定了“十一五”末单位 GDP 能源消费要比“十五”末降低 20% 的目标。

基于此, 在我国经济发展与能源瓶颈日益凸显的形势下, 研究和探索能源消费与经济增长的均衡关系, 在此基础上提出促进国民经济与能源消费协调发展的政策措施就成为一项重要课题。许多学者已对此进行了富有成效的研究, 但研究范围多为国

收稿日期: 2011-05-10

基金项目: 湖南省社会科学基金资助项目(11YBB133), 湖南省情与决策研究基金资助项目(201011BZZ50), 湖南省长株潭两型办优秀青年专项基金资助项目(10A02), 湖南省教育厅科研基金资助项目(10A025)

作者简介: 周跃云(1961-), 男, 湖南益阳人, 湖南工业大学教授, 硕士生导师, 主要研究方向为区域经济, 城乡规划, 低碳经济, E-mail: zyenn@sina.com

家层面。如韩志勇等人<sup>[2]</sup>选取 1978—2000 年的数据对中国能源消费与经济增长的协整性与因果关系进行了研究,并得出两者间存在双向因果关系,但不具有协整性的结论。马超群等人<sup>[3]</sup>详细研究了 1954—2003 年的年度 GDP 和能源总消费及能源消费各构成部分(包括煤、石油、天然气和水电等)之间的长期均衡关系,得出 GDP 分别与能源总消费、煤炭消费之间存在协整关系,而与石油、天然气和水电之间不存在协整关系,进而分别建立了 GDP 与能源总消费、煤炭消费之间的误差校正模型。此类研究成果还很多<sup>[4-5]</sup>。关于城市区域能源消费与经济增长关系的研究也有所涉及。如钟晓青等人<sup>[6]</sup>利用广州市 1980—2003 年统计数据,运用格兰杰因果检验方法及协整理论研究表明:广州市 GDP 与能源消费、能源结构之间存在长期均衡关系,能源结构对能源消费的影响大于经济增长。蔡嗣经等人<sup>[7]</sup>利用北京市 1985—2006 年的统计数据研究得出:北京市能源消费与经济增长有着长期的均衡关系,且存在经济增长对能源消费的单向因果关系。

然而,除王远等人<sup>[8]</sup>研究了江苏省能源消费与经济增长之间的耦合关系外,国内其它省级区域这一关系的研究尚无人涉及,其理论研究远远滞后于实践发展。本文即以此为切入点,选择以中部地区能源相对短缺而经济快速发展的湖南省为例,按照目前国内外通行的协整性检验与因果性分析方法,对湖南省能源消费与经济增长的协整性和因果关系进行深入研究,旨在为湖南省能源战略与政策的制定提供科学决策的依据。

## 2 研究资料与方法

### 2.1 区域概况与数据来源

湖南省属于中部六省之一,位于中国中南部,长江中游以南。湖南省东临江西,西接重庆、贵州,南毗广东、广西,北连湖北。截至到 2008 年,全省辖 13 个地级市和 1 个自治州,共有 136 个县(县级市、市辖区),其辖域面积 21.182 9 万 km<sup>2</sup>,总人口为 6 846 万人,城市化率为 42.15%。

本文研究数据包括经济发展数据、能源消耗数据、产业结构数据等。其中,经济发展数据(GDP,单位:亿元)来源于《湖南省统计年鉴》(2000—2009),能源消耗数据(用  $E_c$  表示,单位:万 t)来源于《中国能源统计年鉴》(2000—2009),产业结构数据来源于《湖南省统计年鉴》(2000—2009)。此外,还有少量数据来自湖南省统计信息网。

### 2.2 研究方法简介

本文采用增扩的迪基-福勒(augmented Dickey-Fuller, ADF)检验法检验时间序列的平稳性;采用 Engle-Granger 两步检验法及 Johansen and Juselius 极大似然法检验时间序列变量是否存在长期均衡关系;采用 Granger 因果关系检验法检验时间序列变量之间是否存在因果关系;采用最小二乘法(ordinary least square, OLS)构建协整回归模型并定量测算序列之间的变动关系。因本文所有数据处理均借助计量经济软件 Eviews 6.0 完成,故对研究方法的基本原理、运算步骤等不加详细说明,只作简单介绍。

1) 平稳性检验方法。所谓平稳性是指一个变量序列的均值、方差和自协方差是稳定的。ADF 检验模型如下:

$$\Delta x_t = (\rho - 1)x_{t-1} + \sum_{j=1}^p \lambda_j \Delta x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (1)$$

ADF 进行变量序列平稳性检验的方法是:原假设  $\rho=1$ ,即序列有 1 个单位根,则这个序列是不平稳的;对立假设是  $\rho < 1$ ,则这个序列是平稳的<sup>[9]</sup>。

2) 协整性检验方法。2 个变量序列具有相同的单整阶数,是变量序列之间具有协整性的必要条件。本文采用 Engle-Granger 两步检验法对序列的协整性进行检验。如果已经判断 2 个序列  $x_i$  和  $y_i$  是非平稳的,但都是  $d$  阶单整序列,则可用检验式

$$x_i = \alpha + \beta y_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

的残差  $\varepsilon$  是否平稳来判断 2 个变量序列  $x_i$  和  $y_i$  的协整性。即如果残差  $\varepsilon$  是平稳的,则可以认为变量序列  $x_i$  和  $y_i$  之间存在协整关系<sup>[10]</sup>。

3) 因果关系检验方法。对以上 2 个变量序列分别构建回归模型如下:

$$y_i = \alpha_o + \sum_{i=1}^m a_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_i x_{t-i} + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$y_j = \alpha_o + \sum_{j=1}^m a_j y_{t-j} + \sum_{j=1}^m \beta_j x_{t-j} + \varepsilon_j \quad (4)$$

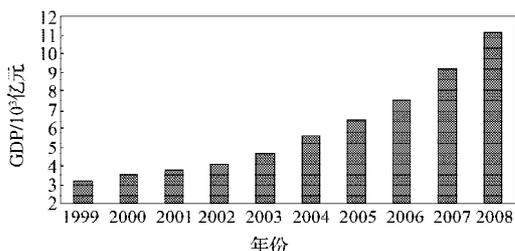
对式(3)中假设  $\beta_i (i=1, 2, \dots, m)=0$  进行检验,该假设实际上等同于“ $X$  不是引起  $Y$  变化的原因”。如果拒绝了  $\beta_i (i=1, 2, \dots, m)=0$  的原假设,就拒绝“ $X$  不是引起  $Y$  变化的原因”的假设,从而得出结论: $X$  对于  $Y$  存在 Granger 因果关系。同理可检验另一序列。

## 3 经济增长与能源消费现状

### 3.1 经济增长与产业结构分析

经济增长总量方面:2009 年,湖南省共实现生产总值 12 930.7 亿元,比上年增长 13.6%,较 1999 年

的3 214.54亿元增长了9 715.46亿元,见图1。

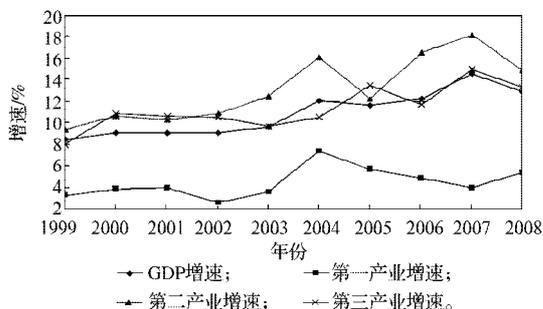


注: GDP 数据为当年价, 来自历年湖南省统计年鉴。

图1 1999—2008年湖南省GDP增长趋势

Fig. 1 The GDP growth trend of Hunan from 1999—2008

经济增长速度方面: 1999—2008年, 湖南省GDP年均增速10.82%, 其增长变动趋势与第二产业变动趋势大体一致(见图2)。



注: 数据来源于《湖南省统计年鉴》(2009)。

图2 1999—2008年湖南省GDP及各产业增速

Fig. 2 Growth rate of Hunan GDP and various industries from 1999—2008

产业结构方面: 1999—2008年, 湖南省3产业结构比例见图3。

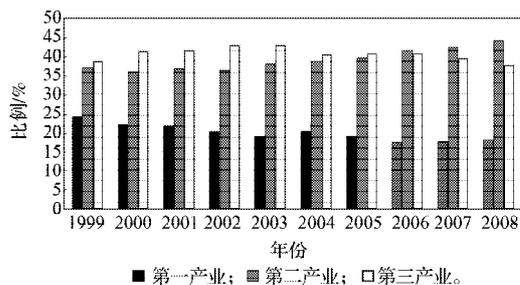


图3 1999—2008年湖南省产业结构变动趋势

Fig. 3 The changing trend of Hunan industrial structure from 1999—2008

从图3中可看出, 1999年3产业结构比例为24.2:37.1:38.7; 2008年3产业结构比例已经调整为18.0:44.2:37.8, 对比可知, 相对于1999年, 2008年湖南省第一产业所占比重下降了6.2个百分点, 第二产业比例上升了7.1个百分点。

### 3.2 经济总量与能源消费总量分析

按不变价格分析湖南省经济总量, 是以1978年为基期的GDP指数和1978年GDP数据计算获得的实际GDP, 单位: 亿元。湖南省能源消费总量用 $E_c$ 表

示, 其量值为按标准煤折合计算后的结果。1999—2008年, 湖南省经济总量与能源消费总量的变动趋势见图4~5。

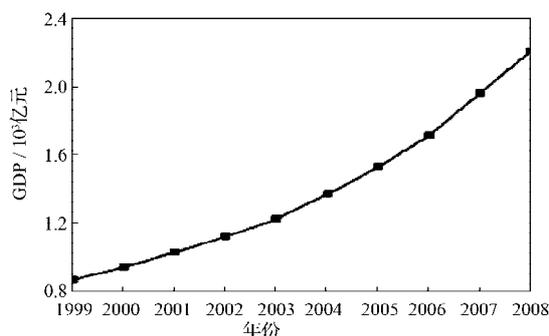


图4 1999—2008年湖南省实际GDP与变化趋势

Fig. 4 The real GDP and its changing trend of Hunan from 1999—2008

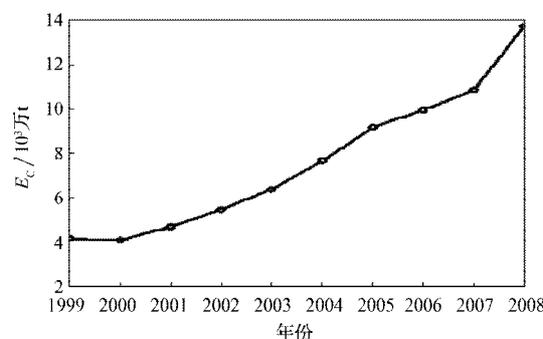


图5 1999—2008年湖南省能源消耗与变化趋势

Fig. 5 The energy consumption and its changing trend of Hunan from 1999—2008

从图4和图5中可看出, GDP和能源消费总量的变化较为相似, 具有相同的发展趋势, 都表现出非平稳性的特征。为消除时间序列数据间较大的波动以及克服序列的异方差性, 本文对变量做对数处理(分别记为 $X = \ln(\text{GDP}/\text{亿元})$ ,  $Y = \ln(E_c/\text{万t})$ , 下同)后再进行实证分析, 结果见图6。从图中可看出, 1999—2008年, 湖南省GDP和 $E_c$ 的对数变化趋势相同, 即 $X$ 与 $Y$ 具有相同的变化趋势, 但二者是否表现为平稳性特征仍需要进一步检验。

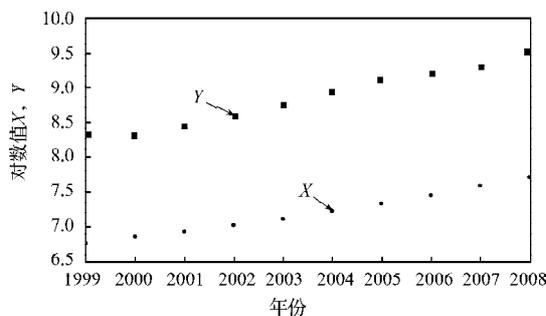


图6 1999—2008年湖南省经济与能耗总量对数变化趋势

Fig. 6 The logarithm changing trend of Hunan GDP and total energy consumption from 1999—2008

### 3.3 能源消费构成分析

由于资料所限,仅分析了2005—2007年湖南省能源消费构成情况,见图7。

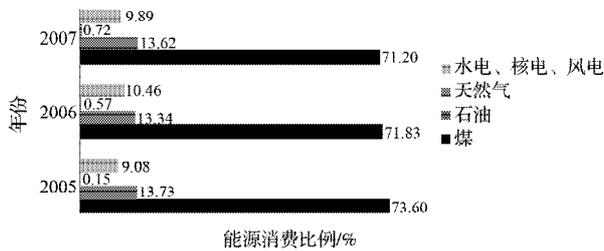


图7 2005—2007年湖南省能源消费构成变动趋势

Fig. 7 The changing trend of energy consumption composition of Hunan from 2005-2007

从图7中可知,湖南省能源消费构成中煤炭所占比重虽然有下降的趋势,但以煤炭占主导地位的能源消费构成近些年不会改变。与煤炭所占比重持续下降相反,湖南省能源消费构成中石油比重变化不大,天然气比重持续上升,以水电、核电与风电为代表的新能源所占比重也有上升趋势,说明近几年湖南省大力发展新能源取得了一定成绩,但比例仍

明显偏低。

### 3.4 单位GDP能耗分析

本文仅分析2005—2009年湖南省单位GDP能耗情况。2005年湖南省单位GDP能耗为1.472 t/万元,高于全国平均水平1.22 t/万元;2009年湖南省单位GDP能耗为1.202 t/万元,虽然较2005年有所下降,但仍高于全国平均水平1.077 t/万元,略高于江西、安徽2省的能耗水平,与湖北、河南2省能耗水平相对持平,远低于同处中部地区的山西省能耗水平,见图8与图9。

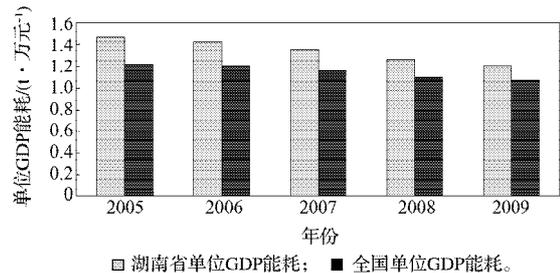


图8 2005—2009年湖南与全国平均单位GDP能耗比较

Fig. 8 The comparison between Hunan per unit GDP of energy consumption and that of national average from 2005-2009

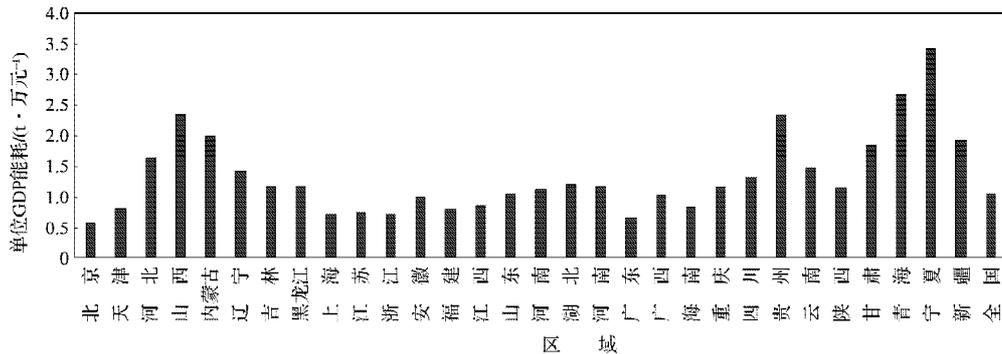


图9 2009年湖南省单位GDP能耗与其它省市及全国平均水平比较

Fig. 9 Comparison of per unit GDP of energy consumption among Hunan, other provinces and the national average in 2009

## 4 能源消费与经济增长序列分析

### 4.1 序列的平稳性检验

建立模型前,必须对变量序列的平稳性和单整阶数进行单位根检验。本文采用ADF检验法对2个变量序列进行单位根检验,对检验过程中的滞后项采用AIC准则确定,由于序列长度所限,最大滞后阶数取2,检验结果如表1所示。

据表1可知,在1%、5%及10%的显著性临界水平下,未经差分的序列X和Y均存在单位根,为不平稳序列,其一阶差分序列DX与DY不具有单位根,为一阶差分平稳序列。因此,可判断这2个序列都是一阶单整序列,具有相同的协整阶数。

表1 各变量序列的单位根(ADF)检验结果

Table 1 ADF testing results for each variable sequence

变量	ADF 检验值	显著水平临界值/%			检验形式 (C,T,K)	结论
		1	5	10		
X	1.35	-2.89	-2.00	-1.60	(C,0,1)	不平稳
DX	-4.39	-6.29	-4.35	-3.70	(C,0,2)	平稳
Y	5.53	-2.85	-2.00	-1.60	(C,0,1)	不平稳
DY	-7.95	-7.01	-4.77	-3.88	(C,T,1)	平稳

注:表中C表示带有常规数项,T表示带有趋势项,K表示滞后阶数

### 4.2 序列的协整关系检验

在经济学意义上,若变量之间存在协整关系,则可通过一个或几个经济变量的变化影响到另一个经济变量的变化,并且这些经济变量之间存在稳定的长期协整关系。本文首先采用Engle-Granger两步检

验法来验证变量序列的协整关系,并采用 Johansen and Juselius 极大似然法作为对比确认两步检验法的检验结论。

1) Engle-Granger 两步检验法。首先,以  $X$  为被解释变量,  $Y$  为解释变量,用最小二乘法 (OLS) 估计回归模型,分析结果如表 2 所示。

表 2 回归模型输出结果

Table 2 Output results of regression model

模型系数变量	系数值	标准差	t 统计值	P 值
$\alpha$	0.728 6	0.306 5	2.377	0.045
$\beta$	0.731 0	0.034 6	21.120	0.000

由表 2 数据可得回归模型为

$$X=0.729+0.731Y+\varepsilon, \quad (5)$$

式 (5) 中  $R^2=0.982$ , 说明能源消费能够较好地解释经济增长,模型拟合效果较好。模型 (5) 判断 2 个变量序列具有协整关系的关键在于进一步检验其残差序列是否平稳,为此,需采用 ADF 检验法继续检验残差序列  $\varepsilon$  ( $\varepsilon = X-0.729-0.731Y$ ) 的平稳性。其检验结果见表 3。

表 3 残差序列的单位根 (ADF) 检验结果

Table 3 ADF testing results of residual sequence

变量	ADF 检验值	显著水平临界值 /%			检验形式 (C,T,K)	结论
		1	5	10		
$\varepsilon$	-2.517	-2.85	-1.988	-1.60	(C,0,0)	平稳

从表 3 可看出,在 5% 及 10% 的显著性临界水平下,ADF 的值小于临界值,拒绝了残差序列具有单位根的原假设,表明未经差分的参差序列  $\varepsilon$  不存在单位根,为零阶单整的平稳序列,从而证明了  $X$  与  $Y$  存在协整关系。

2) Johansen and Juselius 极大似然法。表 4 为采用该方法检验时 Eviews6.0 输出的检验结果。

表 4 Johansen and Juselius 协整检验结果

Table 4 Cointegration results of Johansen and Juselius test

假定的 CE 数量	特征值	无约束协整秩检验		极大特征值检验	
		趋势统计量	5% 临界值	极大特征值统计量	5% 临界值
None*	0.914	24.37	20.26	19.671	15.892
At most 1	0.444	4.696	9.165	4.696	9.165

注: 1. 样本区间为 1999—2008, 滞后步长=1; 2. \* 表示 5% 的水平上拒绝原假设; 3. 趋势检验说明存在 1 个协整方程的显著性水平为 5%; 4. 极大特征根检验说明存在 1 个协整方程的显著性水平为 5%。

无样本约束秩检验和极大特征值检验给出了相同的结果: 即在 5% 显著性水平下拒绝没有协整向量的原假设,接受系统中存在 1 个协整向量的备选假设,从而验证了上述 Engle-Granger 两步检验法给出

的 2 个变量序列具有协整性的正确结论。

#### 4.3 序列的因果关系检验

上文已经检验出  $X$  与  $Y$  之间存在协整关系。但这种长期的协整关系究竟是能源消费引起 GDP 增加值变动,还是 GDP 增加值引起能源消费变动仍不能确定。为了更清楚地了解两者之间的因果关系,需要对  $X$  与  $Y$  序列进行 Granger 因果关系检验。根据 AIC 准则确定各变量的滞后阶数为 2,借助 Eviews6.0 进行分析,检验输出结果如表 5 所示。

表 5 各变量 Granger 因果关系检验结果

Table 5 Causal relationship results of each variables

零假设	F 值	P 值	滞后阶数	结论
$X$ 对 $Y$ 没有 Granger 因果关系	11.016	0.041	2	拒绝
$Y$ 对 $X$ 没有 Granger 因果关系	1.354	0.381	2	接受

由检验结果可看出,在 5% 的显著性水平下,“ $X$  对  $Y$  没有 Granger 因果关系”的零假设被拒绝,而“ $Y$  对  $X$  没有 Granger 因果关系”的零假设都接受,从而得出 1999—2008 年间湖南省能源消费量与经济增长之间并无明显的双向因果关系,只存在单向的因果关系,即存在从 GDP 增长到能源消费的单向 Granger 原因,进一步说经济增长是能源消费的 Granger 原因。

#### 4.4 协整回归模型构建

通过 Granger 因果关系检验的进一步验证,确定了湖南省能源消费与经济增长序列之间存在协整关系,且是 GDP 增长到能源消费的单向 Granger 因果关系。鉴于在协整回归检验中拟合的回归方程 (5) 是适应性估计模型,将自变量和因变量变换得到湖南省能源消费与经济增长之间的协整回归模型为

$$Y=-0.823+1.344X. \quad (6)$$

图 10 描述了该协整回归模型的拟合值与实际值及残差。从图中可看出,该回归模型拟合效果较好。

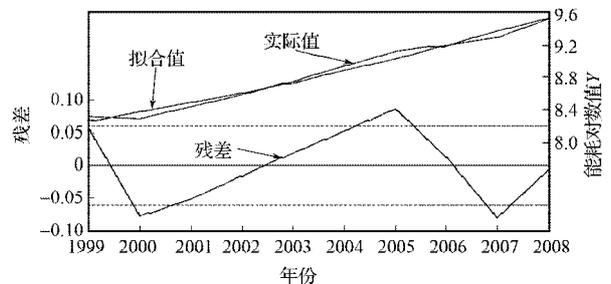


图 10 协整回归模型的拟合效果

Fig. 10 The fitting effect of cointegration regression model

该模型表明:  $E_C$  的变化对 GDP 的影响呈正相关关系,即随着 GDP 的增加或减少,能源消费总量也会出现相应的增加或减少。具体来讲,若 GDP 每变

动(增加或减少)1%,将会引起能源消费量同方向变动(增加或减少)1.344%。

## 5 结论

本文采用 ADF 检验方法、Engle-Granger 两步检验法、Granger 因果关系检验法等计量方法,研究了湖南省能源消费与经济增长的关系,得出如下结论:

1) 经济增长对能源消费存在正向长期影响。通过 Granger 因果关系检验证明,存在着从经济增长到能源消费的单向 Granger 因果关系,即 GDP 的增加会引起能源消费的增加,说明湖南省经济增长是影响能源消费的主要原因。这一结论也符合“GDP 和能源价格是影响能源消费的主要因素”的经济学理论。

2) 经济增长对能源消费具有显著促进作用。经济增长的变动将引起能源消费的同方向变动,同时经济增长明显促进了能源消费增长,即 GDP 每变动(增加或减少)1%,将会引起能源消费量同方向变动(增加或减少)1.344%。这说明在较长的一段时间,湖南省投资增长过猛,高耗能产业迅速扩张,高耗能产业的产品增长迅猛,经济增长仍然主要依靠生产要素(包括资金、能源)的高投资拉动,传统的高消耗、高投入、低产出的“三高一低”式经济增长模式并未得到根本性转变。

3) 经济增长对能源安全和节能减排构成影响。1999—2008年,湖南省年均 GDP 增速与能源消耗增速均较快。但从总体上看,湖南省能源消耗增速大于 GDP 增速,这表明,近年来湖南省较快的经济增速是通过较多的能源消耗来支撑的。随着能源消耗的日益增长,能源需求进一步加大,不仅对能源安全构成巨大挑战,而且使湖南省正面临着日益突出的节能减排压力。

### 参考文献:

- [1] 赵进文,范继涛. 经济增长与能源消费内在依从关系的实证研究[J]. 经济研究, 2007(8): 31-42.  
Zhao Jinwen, Fan Jitao. Empirical Research on the Inherent Relationship between Economy Growth and Energy Consumption in China[J]. Economic Research Journal, 2007(8): 31-42.
- [2] 韩志勇,魏一鸣,焦建玲,等. 中国能源消费与经济增长的协整性与因果关系分析[J]. 系统工程, 2004, 22(12): 17-21.  
Han Zhiyong, Wei Yiming, Jiao Jianling, et al. On the Cointegration and Causality between Chinese GDP and Energy Consumption[J]. Systems Engineering, 2004, 22(12): 17-21.
- [3] 马超群,储慧斌,李科,等. 中国能源消费与经济增长的协整与误差校正模型研究[J]. 系统工程, 2004, 22(10): 47-50.  
Ma Chaoqun, Chu Huibin, Li Ke, et al. Co-Integration Analysis and an Error Correction Model of China's Energy Consumption and Economy Growth[J]. Systems Engineering, 2004, 22(10): 47-50.
- [4] 程兰芳,五钊. 我国经济增长与能源消费关系的实证分析[J]. 洛阳理工学院学报: 社会科学版, 2009, 24(6): 38-41.  
Chen Lanfang, Wu Zhao. The Empirical Analysis on Relationship between Economic Growth and Energy Consumption in China[J]. Journal of Luoyang Institute of Science and Technology: Social Science Edition, 2009, 24(6): 38-41.
- [5] 梁森,聂锐. 我国能源消费与经济增长关系的计量分析[J]. 煤炭经济研究, 2008(1): 18-20.  
Liang Sen, Nie Rui. The Measurement Analysis on China Energy Consumption and Economic Growth[J]. Coal Economic Research, 2008(1): 18-20.
- [6] 钟晓青,吴浩梅,纪秀江,等. 广州市能源消费与 GDP 及能源结构关系的实证研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(1): 135-138.  
Zhong Xiaoqing, Wu Haomei, Ji Xiujiang, et al. The Empirical Study on the Impact of GDP and Energy Structure on Energy Consumption in Guangzhou[J]. China Population, Resources and Environment, 2007, 17(1): 135-138.
- [7] 蔡嗣经,陈海燕. 北京市能源消费与二氧化碳减排关系研究[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010: 13-22.  
Cai Sijing, Chen Haiyan. Research on the Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions of Beijing[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2010: 13-22.
- [8] 王远,陈洁,周婧,等. 江苏省能源消费与经济增长耦合关系研究[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(9): 979-984.  
Wang Yuan, Chen Jie, Zhou Jing, et al. Linking between Energy Consumption and Economic Growth in Jiangsu Province[J]. Resources and Environment in the Yangtza Basin, 2010, 19(9): 979-984.
- [9] Dickey D A, Fuller W A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root[J]. Journal of the American Statistical Association, 1979, 74(366): 427-430.
- [10] 高铁梅. 计量经济分析方法与建模[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 51-53.  
Gao Tiemei. Econometric Analysis and Modeling[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 51-53.

(责任编辑:李玉珍)