

## 山东省能源消费与经济增长的协整关系及能源需求预测

吴士健,宋立群,刘新民

山东科技大学 经济管理学院, 山东 青岛 266590

**摘要:** 基于山东省 1985~2013 年间一次性能源消费与经济增长的统计数据, 在平稳性检验的基础上对两者之间的内在关系进行了协整检验和误差修正模型分析发现山东省能源消费与 GDP 增长之间存在稳定的双向格兰杰因果关系, 经济增长和能源消费之间的相互依赖性很强。构建了广义差分回归预测模型, 检验了模型精度并据此对山东省能源需求进行了预测, 明确了未来面临的能源约束状况。

**关键词:** 能源消费; 经济增长; 协整关系; 需求预测

**中图分类号:** F752.8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2324(2016)05-0789-07

## The Co-integration between Energy Consumption and Economic Growth and the Forecast for Energy Demand in Shandong Province

WU Shi-jian, SONG Li-qun, LIU Xin-min

College of Economics and Management/Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China

**Abstract:** To study on the relationships of energy consumption and economic growth in Shandong Province, this paper collected the statistics data from 1985 to 2013 in Shandong Province, and took the co-integration test and error correction model analysis between them on the basis of stability test, which showed there was stable two-way Granger causal relationship between energy consumption and economic growth in Shandong Province with strong interdependence to each other. What's more, generalized differential regression prediction model was constructed to test the model accuracy. Based on these analysis, this paper made the prediction for the energy consumption in Shandong Province to forecast energy consumption constraints we were confronted with in the near future.

**Keywords:** Energy consumption; economic growth; co-integration; demand forecast

### 1 引言

能源消费与经济增长之间内在关系的研究是制定能源经济政策的基础。早期对二者关系的研究主要以线性回归分析为主, 采用最小二乘估计法, 通过构建回归模型来进行验证。受数据自身非平稳性的影响, 可能会导致“伪回归”问题, 影响研究结论的科学性<sup>[1]</sup>。1987年, 恩格尔和格兰杰提出了协整理论及检验方法, 为非平稳时间序列的模型构建提供了一种可信赖的工具, 也为能源消费和经济增长之间内在关系研究提供了一条全新的思路与方法。Yu 和 Jin 较早利用 E-G 两步法检验了美国 1974~1990 年间能源消费与收入之间的关系, 认为不存在长期协整关系<sup>[2]</sup>。Cheng 和 Lai 利用我国台湾地区 1955~1993 年间的数据库, 发现能源消费与 GDP、劳动力需求之间不存在协整关系; 而基于 VAR 的研究则发现, 存在着 GDP 到能源消费的单向 Granger 因果关系<sup>[3]</sup>。Yang 采用同样的方法检验了 GDP 与能源消费总量及单项能源之间的关系, 发现存在 GDP 与能源消费总量、煤炭、电力之间的双向 Granger 因果关系, 与石油之间的单向因果关系, 以及天然气到 GDP 的单向因果关系<sup>[4]</sup>。之后, Asafu-Adjaye 对印度、印度尼西亚等国<sup>[5]</sup>, Soyta 和 Sari 对比分析了新兴市场国家与七国集团<sup>[6]</sup>, 以及 Mehrara 从人均角度对石油输出国的能源消费与经济增长情况进行了研究, 分别得出了不同的结论<sup>[7]</sup>。

随着能源经济问题日益突出, 国内学者也对二者之间的关系进行了研究, 并得出了三种结论。丁焕峰、周月鹏, 王鉴雪等, 戴新颖等发现, 我国能源消费与经济增长之间存在着双向格兰杰因果关系<sup>[8-10]</sup>。刘小丽、卢凤君, 马宏伟等研究发现, GDP 与能源消费之间存在着单向因果关系, 经济

**收稿日期:** 2016-05-23

**修回日期:** 2016-06-12

**基金项目:** 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金(BS2013SF019);第 55 批中国博士后科学基金面上资助项目(2014M551937);国家统计局统计科研重点项目(2010LB27,2010LB21);中国煤炭工业协会科学技术研究指导性计划项目(MTKJ2014-218);山东科技大学科研创新团队支持计划(2015TDJH103)

**作者简介:** 吴士健(1977-),男,副教授,博士,主要研究方向为资源经济及管理、技术创新管理. E-mail:everwsj@163.com

增长是导致能源消费的原因<sup>[11,12]</sup>;与此相反,张宝山,王秀丽等则认为,能源消费是导致经济增长原因而不是结果<sup>[13,14]</sup>。此外,王火根基于我国 30 个省市 1999~2005 年的面板数据进行的 Granger 面板因果检验表明,能源消费与 GDP 增长之间存在着单向因果关系<sup>[15]</sup>;李晓嘉、刘鹏发现,省域 GDP 总量与工业增加值均与石油消费有紧密联系,存在长期均衡关系<sup>[16]</sup>。

综上所述可以看出,应用协整理论等对能源消费与经济增长之间的 Granger 因果关系进行检验已成为学者们普遍采用的方法。但在实际应用中,由于选择的样本时段不同,使用的检验方法不同,得出的检验结论也不同。说明能源消费与经济增长关系研究受样本选择和方法应用的影响很大,研究结论不具有普遍性,必须针对各地区的情况进行具体分析。

山东省是我国重要的经济大省,同时也是能源生产和消费大省,几乎囊括了经济发展过程中所有的能源经济问题,并且表现的更为突出。一是能源供求缺口较大,能源约束严峻。自 2000 年起,山东省首次出现能源供求缺口,2003 年后彻底转变为能源输入大省。2014 年,山东省一次能源生产总量为 15220.4 万 tce (包含水电、风电和太阳能光伏发电),一次性能源消费总量 35362.6 万 tce,需求缺口高达 56.96%<sup>①</sup>。二是能源结构不合理,煤炭消费比重过高。2014 年,山东省煤炭消费比重为 80.5%,远高于全国平均水平的 66.0%和世界平均水平的 27%。三是污染排放严重。2012 年,山东省 SO<sub>2</sub> 排放量 174.9 万 t, NO<sub>x</sub> 排放量 173.9 万 t,均居全国首位。万元工业增加值 SO<sub>2</sub> 排放量为 8.7 kg,明显高于江苏、广东和浙江等沿海经济发达地区<sup>②</sup>。面对日益严重的能源、环境压力,山东省出台了一系列措施,严控能源消费总量,积极降低能耗强度和能耗总量。然而,这些措施在降低环境污染的同时会不会影响到山东省的总体经济增长,减少煤炭消费又给能源约束带来怎样的压力,政策能否达到应有的效果等,都需要进行科学的分析。本研究以 1985~2013 年间山东省能源消费和经济增长数据为基础,对二者之间的内在关系进行检验,并结合经济增长目标,对能源消费进行预测,为政策制定和实施提供依据。

## 2 山东省能源消费与经济增长之间的内在关系

### 2.1 变量选择与数据处理

考虑到数据的代表性与可得性,本研究选取了 1985~2013 年的山东省地区生产总值(GDP)和一次性能源消费总量(EC)数据进行分析,样本观测值各为 29 个。由于直接获取的 GDP 数据为名义值,因此,需要用 GDP 平减指数(GDP deflator)来剔除价格因素变动的影响。具体方法是,根据国家统计局公布的各省当年名义地区生产总值和按可比价格计算的生产总值指数,测算出山东省历年 GDP 平减指数,再以 1985 年为基期,将名义值转化成实际值,单位为亿元人民币。能源消费总量(EC)数据根据历年《山东统计年鉴》公布的能源消费平衡表和各类能源消费数据计算取得,并转换成标准煤量,单位为万 tce。所有数据处理和分析均利用计量经济学软件 EViews7.2 完成。为便于分析,在数据处理中将各时间序列数据取自然对数值,记为 LGDP 和 LEC。

### 2.2 变量的平稳性检验

先对 LGDP 和 LEC 进行平稳性检验,看是否为同阶单整序列。分别绘出两个变量序列及其一阶差分和二阶差分序列的折线图,如图 1~3 所示,用以判断序列随时间变化的趋势,从而确定选择什么样的单位根检验形式,即有无常数项或时间趋势项。

LGDP 和 LEC 的均值都大于零且其时间序列具有一定的时间趋势(见图 1),即其数值随着时间的变化呈现上升的态势,所以选择带有位移项和时间趋势项的单位根检验形式。经检验发现,原序列不平稳,即至少有一个单位根存在。对其一阶差分后(见图 2),DLGDP 的时间序列在 0 轴上方波动,没有明显的上升或下降趋势,同样,DLEC 的时间序列折线虽然围绕 0 轴上下波动,但主要位于 0 轴的上方,可以认为时间趋势已被消除。因此,在对 LGDP 和 LEC 的一阶差分序列 DLGDP 和 DLEC 进行单位根检验时,可以不再考虑时间趋势项的影响。LGDP 和 LEC 的二阶差分序列图形

<sup>①</sup> 资料来源:根据 2015 年《山东省统计年鉴》数据计算取得。

<sup>②</sup> 资料来源:《山东省 2013—2020 年大气污染防治规划》,2013-07-17。

围绕 0 轴上下波动, 并且不随时间变化而上升或下降 (见图 3), 时间趋势被消除, 所以对其二阶差分进行检验时不考虑位移项和时间趋势项。

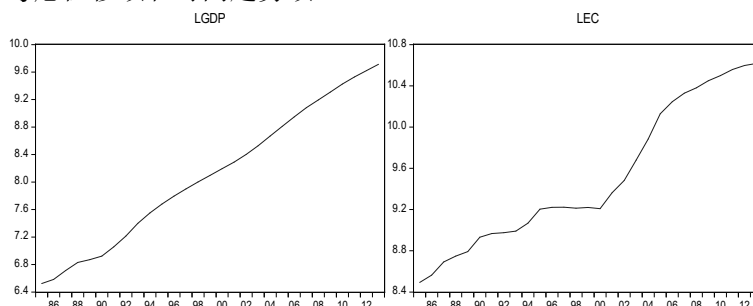


图 1 LGDP 与 LEC 序列的折线图

Fig.1 Line chart of LGDP and LEC sequences

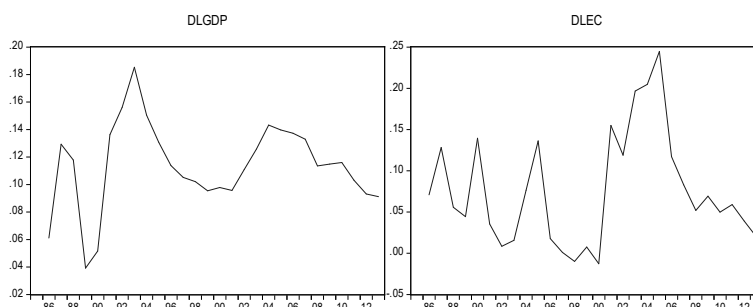


图 2 LGDP 与 LEC 一阶差分序列的折线图

Fig.2 Line chart of first-order differential sequences of LGDP and LEC

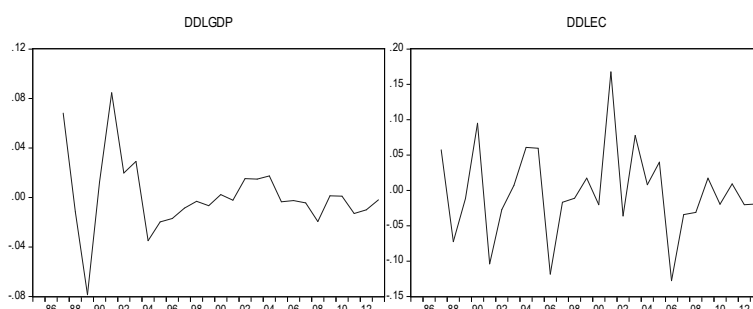


图 3 LGDP 与 LEC 二阶差分序列的折线图

Fig.2 Line chart of second-order differential sequences of LGDP and LEC

采用 AIC 标准确定滞后阶数, 对 LGDP、LEC、LCC 和 LPC 进行单位根检验 (见表 1)。LGDP 和 LEC 的原序列存在至少一个单位根, 是非平稳序列; 其一阶差分序列 DLGDP 和 DLEC 仍不平稳, 至少存在两个单位根, 需要进行二阶差分。对原序列二阶差分后发现, 各指标在 1% 的显著性水平下都通过了检验, 达到了平稳性要求。因而可以认为, LGDP 和 LEC 符合协整检验的要求, 属于同阶单整序列。

表 1 LGDP、LEC、LCC 和 LPC 的单位根检验结果

Table 1 Results of unit root test of LGDP, LEC, LCC and LPC

变量	检验类型	DW 值	ADF 值	1%临界值	5%临界值	10%临界值	结论
Variable	Inspection type	DW value	ADF value	1% threshold	5% threshold	10% threshold	Conclusion
LGDP	(C,T,2)	1.425	-3.346	-4.339	-3.588	-3.229	不平稳
LEC	(C,T,2)	2.226	-2.186	-4.339	-3.588	-3.229	不平稳
DLGDP	(C,0,2)	1.510	-3.382	-3.711	-2.981	-2.630	不平稳
DLEC	(C,0,2)	1.966	-2.562	-3.700	-2.976	-2.627	不平稳
D <sup>2</sup> LGDP	(0,0,2)	2.095	-5.394	-2.661	-1.955	-1.609	平稳 I**(2)
D <sup>2</sup> LEC	(0,0,2)	1.901	-6.406	-2.657	-1.954	-1.609	平稳 I**(2)

说明: (C,T,K) 表示 ADF 检验式中是否包含位移项和时间趋势项。C 表示包含位移项; T 表示包含位移项和时间趋势项; K 表示滞后期数。  
 Note:(C,T,K) indicates that whether the ADF formula contains entries displacement and time trend or not. C represents that the displacement items are included; T represents that the displacement items and time trend are both included; K represents lag phases.

### 2.3 协整检验

由变量平稳性检验结果可知, LGDP 和 LEC 满足协整检验要求, 可以对二者间的长期均衡关系进行协整检验。运用 OLS 法进行回归分析, 可得 LGDP 和 LEC 之间的协整方程 1:

$$\begin{aligned}
 LGDP_t = & -5.330 + 1.412LEC_t + \varepsilon_t & (1) \\
 & (-8.834) \quad (22.314) \\
 R^2 = & 0.949 \quad F = 497.895
 \end{aligned}$$

从残差序列的折线图(见图 4), 可以看出, 方程残差序列在 0 轴上下波动, 即残差项的均值为 0, 且时间趋势不是很明显, 因而在进行单位根检验时可以不考虑位移项和时间趋势项。

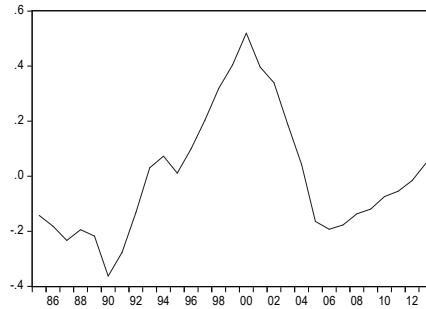


图 4 残差序列的折线图  
Fig.4 Line chart of residual sequences

对残差序列项进行单位检验(见表 2), 可以看到, 回归方程的残差项在 5% 的显著性水平下达到了平稳, 因而可以认为 LGDP 和 LEC 序列之间存在稳定的协整关系, 并且两个协整方程的系数都为正。从长期均衡关系来看, 表明 1985~2013 年山东省 GDP 增长与一次性能源消费之间具有共同波动趋势。

表 2 残差序列的单位根检验结果  
Table 2 Results of unit root test of residual sequences

变量	检验类型	DW 值	ADF 值	1%临界值	5%临界值	10%临界值	结论
Variable	Inspection type	DW value	ADF value	1% threshold	5% threshold	10% threshold	Conclusion
$\varepsilon_t$	(0,0,1)	2.149	-2.175	-2.653	-1.954	-1.610	平稳

### 2.4 误差修正模型

由上分析可知, 山东省 GDP 增长与能源消费之间存在着长期稳定的均衡关系, 但短期仍有可能会出现失衡。为了增强模型的精确度, 可以通过构建误差修正模型分析它们之间的短期波动情况。由协整回归方程可得误差修正模型 2:

$$EMC_t = \varepsilon_t = LGDP_t - 1.412LEC_t + 5.330 \quad (2)$$

逐步剔除回归系数中不显著的滞后期来建立误差修正模型, 通过 OLS 估计模型中的系数, 可以得到误差修正模型如下:

$$\begin{aligned}
 DLGDP_t = & 0.066 + 1.093DLGDP_{t-1} - 0.609DLGDP_{t-2} - 0.154DLEC_{t-2} + 0.093DLEC_{t-3} - 0.112ECM_{t-1} + 0.104ECM_{t-2} \\
 & (5.599) \quad (-3.267) \quad (-1.720) \quad (1.101) \quad (-1.883) \quad (1.964) \\
 R^2 = & 0.650 \quad F = 5.579 \quad DW = 1.944
 \end{aligned}$$

上式表明, 山东省经济增长的短期波动受两方面因素的影响: 一是受能源消费短期波动的影响; 二是受偏离长期均衡的影响。当短期波动偏离了长期均衡时, 为了维持经济增长与能源消费之间的长期均衡关系, 将分别以-0.112、0.104 的修正速度对非均衡状态进行调整。上式的修正系数为-0.112、0.104, 符合误差修正机制; DW=1.944, 残差序列不存在自相关。

### 2.5 因果关系检验与结果分析

由协整检验可知, LGDP 和 LEC 之间存在长期协整关系, 可以进行格兰杰检验。运用 EViews7.2 软件, 将滞后值从 1 开始一直试验下去, 得到部分输出结果(见表 3)。

表 3 Granger 因果检验结果  
Table 3 Results of Granger causality test

零假设 Null hypothesis	滞后时间 Lags	F 统计 F-statistic	概率 Probability
LGDP does not Granger Cause LEC	3	1.90971	0.1642
	4	1.35180	0.2969
	5	2.62351	0.0794
	6	3.43931	0.0475
	3	0.67109	0.5808
LEC does not Granger Cause LGDP	4	1.24938	0.3326
	5	2.05363	0.1425
	6	5.61287	0.0111

检验发现,在 5% 的显著性水平下,从滞后 3 期开始,对于原假设的检验指标  $F$  统计量开始大于其临界值,表示拒绝原假设,即认为山东省 GDP 增长是一次性能源消费的格兰杰原因。同样,自滞后 3 期开始,对于原假设“LEC does not Granger Cause LGDP”的检验指标  $F$  统计量开始大于其临界值,表示拒绝原假设,可以认为山东省能源消费也是 GDP 增长的格兰杰原因。由此可以认为,山东省能源消费与经济增长之间存在着稳定的双向格兰杰因果关系,GDP 增长波动会影响到一次性能源需求水平,而能源消费水平的变动也会对 GDP 增长形成较大的影响。即从山东省总体上看,经济增长与能源需求存在着依存关系,一个变量的较大波动都会影响到另一个变量的稳定性,过于减少能源消耗肯定会影响到经济的稳定增长。

### 3 山东省能源消费需求的预测模型构建

基于山东省能源消费与 GDP 的双向因果关系,可以运用协整方程进行能源消费需求和经济增长的双向预测分析。为保证预测结果的可信性,需要对建立的协整方程进行自相关性、异方差性和稳定性检验,以确定是否需要进行广义差分回归分析。

#### 3.1 LEC 与 LGDP 的协整方程及检验

基于时间序列 LEC 与 LGDP 的二阶单整性和残差序列的平稳序性,选用 OLS 法建立协整方程进行预测。选用 DW 值来检验方程是否存在一阶自相关性,用 Breush-Godfrey LM 检验(即拉格朗日乘数检验)来分析残差序列的高阶自相关性或方程右边存在滞后因变量情况下的自相关性,应用怀特检验法(White Heteroskedasticity Test-Cross Terms)检验方程的异方差性,使用邹氏检验断点检验和预测检验分析协整方程的稳定性。所建立的协整方程和检验指标值见公式 3。

$$LEC_t = 4.069 + 0.672LGDP_t \quad (3)$$

(t)      (16.569)      (22.314)

$R^2=0.766$ , Adjusted  $R^2=0.756$ ,  $DW=0.183$ ,  $F=497.895(0.0000)$ , 怀特检验  $WH=6.581(0.0372)$ , 邹氏检验  $CH(2000)=36.822(0.0000)$ 。

表 4 协整方程的 Breush-Godfrey LM 检验结果  
Table 4 Results of Breush-Godfrey serial correlations LM test

F-statistic	96.16152	Prob. F(2,25)	0.0000
Obs*R-squared	25.66395	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

对协整方程进行 Breush-Godfrey LM 检验(见表 4)。由模型的统计检验值可以看出,模型拟合优度值为 0.949,回归方程拟合度较高;但一阶自相关性检验值  $DW=0.183$  小于临界值,拒绝杜宾检验的原假设,说明方程存在一阶自相关性;Breush-Godfrey LM 检验统计量  $TR^2$  的伴随概率小于 0.05,说明所构建的回归方程的残差项存在明显的序列相关性;怀特检验的伴随概率为 0.0372,也小于 0.05,检验结果不理想,说明回归方程存在异方差性;邹氏断点检验的伴随概率小于 0.01,表明方程不具有稳定性。因此,方程的总体检验指标不理想,如果用该方程直接进行能源消费需求量的预测可能会出现较大的偏差。为了保证预测结果的准确性,需要对原回归方程进行修正。

#### 3.2 LEC 与 LGDP 的广义差分回归预测模型

由原回归方程的残差序列相关图(见图 5)可以看出,方程的自相关函数值呈震荡式递减趋势,

偏自相关函数值在滞后 1 阶和 2 阶处位于 95%置信区域之外，在滞后 2 阶后截尾（即趋于零），其他各阶滞后的偏自相关函数值都位于置信区域之内。

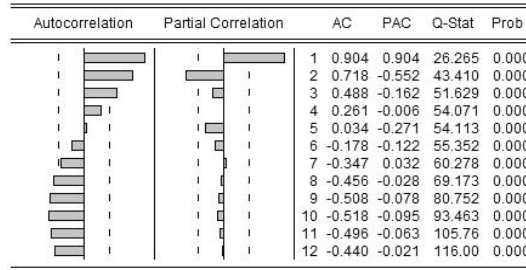


图 5 LEC 与 LGDP 协整方程的残差序列相关图

Fig.5 Residual serial correlation diagram of LEC and LGDP co-integration equation

通过试验和尝试，决定采用  $AR(p)$ 模型的广义差分法来修正原方程自相关问题。由于带有残差序列存在 3 阶序列相关，所以用  $AR(3)$ 模型来修正，修正后的广义差分回归方程和各检验结果见公式 4：

$$LEC_t = 4.045 + 0.672LGDP_t + [1.444 AR(1)] - [0.594 AR(2)] \quad (4)$$

$(t)$	5.816	8.180	8.516	-3.497
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)

$R^2=0.993$ , Adjusted  $R^2=0.992$ ,  $DW=2.1744$ ,  $F=1120.065$ , 怀特检验  $WH=11.603$  (0.2366), 邹氏检验  $CH(2005) = 7.0221$  (0.1347)

表 5 广义差分模型的 Breush-Godfrey LM 检验结果

Table 5 Breush-Godfrey LM test results of generalized difference model

F-statistic	0.339645	Prob. F(2,25)	0.7159
Obs*R-squared	0.846006	Prob. Chi-Square(2)	0.6551

对以上广义差分模型进行 Breush-Godfrey LM 检验（见表 5）。通过统计检验发现，所构建的广义差分回归方程的复相关系数为 0.993，修正复相关系数为 0.992，方程的拟合优度比原协整方程明显提高； $F$  统计量检验值为 1120.065，比原方程显著增大，表明广义差分回归方程的显著性较强；杜宾检验值  $DW=2.1744$ ，大于  $d_L=1.05(N=25, k=1)$ ，Breush-Godfrey LM 检验伴随概率  $0.66 > 0.05$ ，修正后的模型不存在序列自相关性；怀特检验值伴随概率  $0.237 > 0.05$ ，表明方程没有异方差性；邹氏检验伴随概率  $0.13 > 0.01$  表明修正后的方程通过了稳定性检验。因此可以认为，所构建的山东省能源消费与经济增长之间的预测模型具有较好的检验结果，相比于协整方程更能反映出两个时间变量间的关系。由下图 6 也可以看出，山东省能源消费的模型预测值与实际值的拟合效果非常好，2006 年以来几乎是高度吻合。因此，如果获得了相应的 GDP 增长数据，就可以用来对能源消费需求状况进行预测。

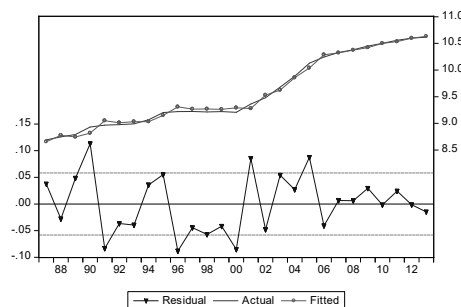


图 6 山东省 LEC 与 LGDP 的广义差分回归模型拟合图

Fig.6 Fitting diagram of generalized different model of LEC and LGDP in Shandong Province

#### 4 山东省能源消费需求预测

按照山东省总体规划要求，2020 年 GDP 总量要在 2010 年基础上实现翻一番，即约为 2010 年的 2 倍左右，达到中等发达国家水平。按照这一规划测算，GDP 年均增长率约为 7.5%，低于 1978 年以来山东省 GDP 增长率的平均水平。根据山东省统计局数据，尽管受到经济下行压力的影响，但经济增长总体上较为稳定，2015 年上半年增长速度按可比价格计算仍达到了 7.8%，全年预计不会低

于该数值。随着稳增长、促改革、调结构、惠民生等各项措施逐渐落实到位,2015至2020年实现GDP年均增长7.5%是有保障的。

按照2020年比2010年翻一番的增长目标估算,可以得到2015年至2020年以1985年不变价格计算的山东省GDP估计值,在此基础上运用构建的广义差分回归模型即可得大2015-2020年的能源需求预测值,如表6所示。为便于分析比较,表6中同时给出了年均GDP增长率为6%、7.5%和8%情况下的山东省能源消费需求预测数值。

**表6 山东省2015~2020年GDP增长与能源消费需求预测 单位:万tce**  
**Table 6 Forecast of GDP growth and energy consumption demand in Shandong Province during 2010~2020 Unit: ten thousand tce**

年份 Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020
需求预测 I	36024.71	37463.30	38959.33	40515.11	42133.02	43815.54
需求预测 II	36366.49	38177.53	40078.77	42074.68	44169.99	46369.65
需求预测 III	36480.07	38416.38	40455.47	42602.78	44864.08	47245.40

由表6可以看出,如果按照GDP增长率8%估算,2015年山东省能源需求约为36480.07万tce,比2014年能源需求略高。不考虑其他因素影响,如果按照GDP年均增长7.5%估算,山东省2020年的能源消费需求总量约为46369.65万tce;而如果按照年均增长8%预测,则约为47245.40万tce。

根据现有能源生产能力和增长潜力,吴士健、刘新民(2014)通过构建GM(1,1)灰色预测模型对山东省2010~2020年的能源供给水平进行了预测<sup>[7]</sup>,得出2020年的能源供给总量约为20429.9万tce。即使按照最低能源需求估算,供求缺口仍然比较大。根据山东省节能减排政策规划,未来5年内将会进一步压减煤炭生产,淘汰落后产能,这更加大了山东省能源供给压力,且在短期内难以消除。因此,必须及时制定科学的能源经济发展政策,合理调整经济结构和能源需求,加快开发清洁能源和替代能源,推行节能降耗技术,确保经济增长目标不受较大影响。

## 参考文献

- [1] Engle Robert R, Granger CWJ. Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing[J]. *Econometrica*, 1987,55:251-276
- [2] Yu ESH, Jin JC. Co-integration tests of energy consumption, income, and employment[J]. *Resources and Energy*, 1992,14(3):259-226
- [3] Cheng BL, Lai TW. An investigation of cointegration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan[J]. *Energy Economics*, 1997,19:435-444
- [4] Yang HY. A note on the causal relationship between electricity and GDP in Taiwan[J]. *Energy Economics*, 2000(22):309-317
- [5] Asafu-Adjaye J. The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries[J]. *Energy Economics*, 2000,22:615-625
- [6] Soytaş U, Sari R. Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging market[J]. *Energy economics*, 2003,25(1):33-37
- [7] Mohsen Mehrara. Energy consumption and economic growth:The case of oil exporting countries[J]. *Energy Policy*, 2007,35(5):2939-2945
- [8] 刘小丽,卢凤君.中国能源消费与国民经济增长的关系研究[J].*工业技术经济*,2007(9):55-58
- [9] 丁焕峰,周月鹏.能源消费与经济增长关系——基于中国1953-2007年的实证研究[J].*工业技术经济*,2010(7):71-76
- [10] 王鉴雪,宁云才.能源消费、煤炭消费与经济增长关系研究[J].*技术经济与管理研究*,2011(12):9-12
- [11] 戴新颖.中国石化能源消费与经济增长关系研究[J].*统计与决策*,2014(21):124-126
- [12] 张宝山,袁晓玲,张小妮.环境污染、能源消费与经济增长[J].*科学决策*,2012(11):20-37
- [13] 王秀丽.中国能源消费与经济增长的实证研究[J].*统计与决策*,2014(20):136-138
- [14] 马宏伟,刘思峰,袁潮清,等.基于生产函数的中国能源消费与经济增长的多变量协整关系的分析[J].*资源科学*,2012,34(12):2374-2381
- [15] 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
- [16] 王火根,沈利生.中国经济增长与能源消费空间面板分析[J].*数量经济技术经济研究*,2007(12):98-107,149
- [17] 吴士健,刘新民.山东省能源消费与经济增长、结构变动关系研究[M].北京:经济科学出版社,2014:151