

# 区域经济增长与能源消耗的关联及其效率分析

邢 俊

(南阳理工学院 商学系,河南 南阳 473004)

**摘 要:**在对某地区 2000~2009 年经济增长与能源消费量、能源强度、能源结构和资本存量的原始数据进行统计描述的基础上,应用灰色关联分析法和格兰杰因果关系检验法对该地区的经济增长与能源消耗之间的动态关系进行了讨论,并对该地区 2000~2009 年的经济增长效率进行了相对性评价。分析认为:虽然该地区经济增长与能源消费量有着较强的关联度,但是能源消耗与经济增长之间并不存在明显的因果关系;DEA 评价显示,该地区近 3 年的经济增长达到了 Pareto 有效状态。

**关键词:**能源消耗;经济增长;灰色关联分析;Granger 检验

**中图分类号:**F061.5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-6248(2011)04-0047-05

在国家“节能减排”的倡导下,继续保持经济平稳较快发展就成为检验地方政府经济发展思路的时代命题。一般而言,能源供应(能源消费量)对区域经济增长具有较大影响<sup>[1]</sup>,能源价格水平与经济增长之间往往存在反方向的变动趋势,然而情况也不总是如此。国家能源局对中国 2009 年第一季度 GDP 增长与能源消费数据进行分析后认为,能源消费的变化与经济增长不同步是可能发生的现象。因此,揭示某特定地区的经济增长方式,发现经济增长与能源消耗之间的关系,有利于跟踪和预测该地区的经济发展态势和未来发展的可能趋势<sup>[2-5]</sup>。本文在对某地区 2000~2009 年国民生产总值与能源消费量、能源强度、能源结构和资本存量的原始数据进行描述的基础上,应用灰色关联法对该地区的经济增长与能源消耗之间的静态关系进行了分析,然后通过格兰杰因果关系检验法对该地区经济增长与能源消耗之间的动态关系进行了分析,最后应用 DEA 模型对该地区 10 个年份的经济增长效率进行了相

对性评价。结果表明:虽然该地区经济增长与能源消费量有较强的关联度,但能源消耗与经济增长之间并不存在明显的因果关系;DEA 评价结果显示,该地区近 3 年的经济增长达到了 Pareto 有效状态。其中原因可能包括产业结构的调整、高载能产品的去库存化和产业能耗的下降等,也不排除经济运行的转折阶段表现出的周期现象。

## 一、能源消耗和经济增长的灰色关联分析

灰色系统理论是邓聚龙教授发展起来的一门新兴学科<sup>[6]</sup>。该理论以几何形状接近的行为序列为基础,通过分析和确定因子间的影响程度或因子对行为的贡献程度来揭示事物之间的关联。所谓灰色,实为对未知或不确定关联的挖掘。灰色关联分析法与其他方法相比有一定的优越性,它放弃了对大样本(样本容量大于等于 30,样本服从某典型分布等)

收稿日期:2011-07-10

基金项目:河南省政府决策研究招标课题(2011B530);河南省哲学社会科学规划项目(2010FJJ043)

作者简介:邢 俊(1980-),男,内蒙古通辽人,讲师,管理学博士研究生。

的苛刻要求,其基本思想是:根据分析对象时序数列曲线的相似程度(或拟合程度)来判断其不同对象之间的关联度,2条曲线越相似,其关联度越大;反之越小<sup>[7-8]</sup>。

本文选取的变量包括某地区的国民生产总值

$Y$ ;能源消费量  $X_1$ ;能源强度  $X_2$ ,表示单位产值能耗,为一次能源使用或最终能源使用与国民生产总值之比;能源结构  $X_3$ ,采用煤炭消耗量占能源消费总量的比例来衡量;资本存量  $X_4$ ,使用永久库存法估算。基础数据见表1。

表1 2000~2009年能源消耗与经济增长的相关数据

年份	$Y$ /亿元	$X_1$ /万吨标准煤	$X_2$ /(万吨标准煤·亿元 <sup>-1</sup> )	$X_3$	$X_4$
2000	3 545.390	6 156.280	1.736	0.702	3 877.660
2001	3 802.481	6 204.810	1.599	0.701	4 903.764
2002	4 103.435	6 900.400	1.638	0.671	5 991.441
2003	4 517.029	7 073.430	1.487	0.731	6 988.605
2004	5 002.055	8 457.960	1.500	0.680	7 911.877
2005	5 571.167	10 082.000	1.510	0.652	9 201.136
2006	6 240.318	11 049.000	1.462	0.665	10 832.970
2007	7 058.825	12 143.000	1.403	0.659	12 428.580
2008	8 040.265	12 845.000	1.314	0.588	14 383.910
2009	9 255.198	13 708.000	1.230	0.600	18 751.720

注:数据来源于历年《中国统计年鉴》、历年《中国城市统计年鉴》,部分数据通过计算得到。

图1显示,2000~2009年该地区经济增长与能源消费量和资本存量之间同步增长态势,能源消费量和资本存量的增速持续高于国民生产总值增速,能源消费量与资本存量之间的关系也较为密切。

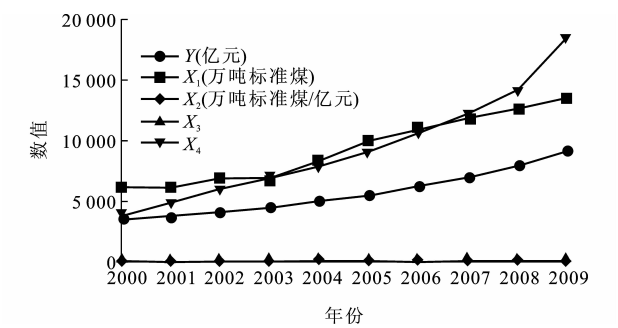


图1 经济增长与能源消耗量和资本存量的关系  
按照灰色关联分析的求解步骤,首先对各变量

序列进行量纲1处理,以保证变量的可比性,即以2000年为基期,将该年份各变量数据初始化为1;然后以 $Y$ 为参考序列,以 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 为比较序列,计算比较序列与参考序列的绝对差。取分辨系数为0.5,关联数据处理结果见表2。

表2中, $Y_0$ 、 $X_{0(1)}$ 、 $X_{0(2)}$ 、 $X_{0(3)}$ 、 $X_{0(4)}$ 分别为变量序列 $Y$ 、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 量纲1的处理结果; $\Delta X_{0(1)}$ 、 $\Delta X_{0(2)}$ 、 $\Delta X_{0(3)}$ 、 $\Delta X_{0(4)}$ 为比较序列与参考序列的绝对差;在此基础上求出的比较序列与参考序列绝对差的最大值与最小值分别为2.2253和0,计算出的关联系数为 $r_{01}$ 、 $r_{02}$ 、 $r_{03}$ 、 $r_{04}$ 。关联度如表3所示。

关联度越接近于1,说明序列之间的关联程度越大,即比较序列对参考序列的影响越大。从表3可以看出,在21世纪的最初10年,该地区能源消费

表2 关联数据处理结果

年份	$Y_0$	$X_{0(1)}$	$\Delta X_{0(1)}$	$r_{01}$	$X_{0(2)}$	$\Delta X_{0(2)}$	$r_{02}$	$X_{0(3)}$	$\Delta X_{0(3)}$	$r_{03}$	$X_{0(4)}$	$\Delta X_{0(4)}$	$r_{04}$
2000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000
2001	1.073	1.009	0.065	0.945	0.921	0.151	0.880	0.100	0.073	0.939	1.265	0.192	0.853
2002	1.157	1.121	0.037	0.968	0.944	0.214	0.839	0.956	0.202	0.847	1.545	0.388	0.742
2003	1.274	1.149	0.125	0.899	0.857	0.418	0.727	1.041	0.233	0.827	1.802	0.528	0.678
2004	1.411	1.374	0.037	0.968	0.864	0.547	0.671	0.969	0.442	0.716	2.040	0.630	0.639
2005	1.571	1.638	0.066	0.944	0.870	0.702	0.613	0.930	0.642	0.634	2.373	0.802	0.581
2006	1.760	1.795	0.035	0.970	0.842	0.918	0.548	0.947	0.813	0.578	2.794	1.034	0.518
2007	1.991	1.973	0.019	0.984	0.808	1.183	0.485	0.939	1.052	0.514	3.205	1.214	0.478
2008	2.268	2.087	0.181	0.860	0.757	1.511	0.424	0.839	1.429	0.438	3.709	1.442	0.436
2009	2.611	2.227	0.384	0.744	0.709	1.902	0.369	0.855	1.755	0.388	4.836	2.225	0.333

表 3 经济增长与能源消耗的关联度

变量	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
关联度	0.928	0.656	0.688	0.626

量对经济增长的影响已远远超过了其他因素,关联度的极差达到了 0.302。资本存量对经济增长的影响仅为 0.626,略低于能源强度和能源结构。

二、Granger 因果关系检验

为了对经济增长与能源消费量、能源强度、能源结构、资本存量之间的关系做进一步分析,用 Granger 因果关系检验法对经济增长与能源消耗各

表 4 能源消耗与经济增长因果关系的 Granger 检验

Granger 因果关系检验	滞后期:2	观察期:8	零假设	
	F-统计量	概率	0.10	0.15
$X_1$ 不是引起 $Y$ 的 Granger 原因	1.276	0.397	接受	接受
$Y$ 不是引起 $X_1$ 的 Granger 原因	3.168	0.182	接受	接受
$X_2$ 不是引起 $Y$ 的 Granger 原因	0.282	0.772	接受	接受
$Y$ 不是引起 $X_2$ 的 Granger 原因	1.322	0.388	接受	接受
$X_3$ 不是引起 $Y$ 的 Granger 原因	0.286	0.770	接受	接受
$Y$ 不是引起 $X_3$ 的 Granger 原因	5.268	0.104	接受	拒绝
$X_4$ 不是引起 $Y$ 的 Granger 原因	0.129	0.884	接受	接受
$Y$ 不是引起 $X_4$ 的 Granger 原因	1.776	0.310	接受	接受

三、基于 DEA 的经济增长效率评价

(一) 模型构建

以该地区国民生产总值为产出,用  $y_p = (y_{1p})^T$  ( $p = 2000, 2001, \dots, 2009$ ) 表示;以能源消费、能源强度、能源结构和资本存量为投入,用  $x_p = (x_{1p}, x_{2p}, x_{3p}, x_{4p})^T$  ( $p = 2000, 2001, \dots, 2009$ ) 表示。对第  $p$  年的经济增长效率  $V_p$  可用最优评价模型表示为

(DP) 
$$\begin{cases} \min \theta = V_p \\ \text{s. t. } \sum_{j=2000}^{2009} x_j \lambda_j + s^- = \theta x_p \\ \sum_{j=2000}^{2009} y_j \delta_j - s^+ = y_p \\ \delta \sum_{j=2000}^{2009} \lambda_j = \delta, \lambda_j \geq 0 \quad j = 2000, \dots, 2009 \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases}$$

式中: $\theta$  为相对效率指数; $s^-$  为松弛变量; $s^+$  为剩余变量; $\lambda_j$  为权系数; $\delta$  为取 0 或 1 的参数。

相应的生产可能集  $T$  为

$$T = \{ (x, y) \mid \sum_{j=2000}^{2009} x_j \lambda_j \leq x, \sum_{j=2000}^{2009} y_j \lambda_j \geq y, \sum_{j=2000}^{2009} \lambda_j = 1 \}$$

变量序列之间的因果关系进行检验。选择计量软件 EViews5.0 进行检验,检验结果如表 4 所示。

由表 4 可以看出,在 10% (或小于 10%) 的显著性水平上, $Y$  与  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  存量之间不存在因果关系;在 15% 的显著性水平上,经济增长  $Y$  与解释变量  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$  之间不存在因果关系,但是与  $X_3$  之间存在单向因果关系,即能源结构变化是引起经济增长的 Granger 原因,反之不成立。

为了深入探讨经济增长与各要素的关系以及经济增长效率和优化途径,本文以下通过 DEA 模型对原始数据进行基于投入产出的分析。

$$\delta, \lambda_j \geq 0, j = 2000, \dots, 2009 \}$$

定义 1<sup>[9]</sup>:若规划 (DP) 的任意最优解  $\lambda^0 = (\lambda_{2000}^0, \dots, \lambda_{2009}^0)^T, s^{-0}, s^{+0}, \theta^0$  都有  $s^{-0} = 0, s^{+0} = 0, \theta^0 = 1$ , 则第  $p$  年经济增长是有效的;否则,增长无效。

定理 1<sup>[10]</sup>: $(x_p, y_p)$  在生产前沿面上投影  $\tilde{x}_p, \tilde{y}_p$  为经济增长有效,  $\tilde{x}_p = \theta^0 x_p - s^{-0} = \sum_{j=2000}^{2009} x_j l_j, \tilde{y}_p = y_p + s^{+0} = \sum_{j=2000}^{2009} y_j \lambda_j$ 。

定义 1、定理 1 中的参数含义见文献[10]。

对于多目标规划问题

(VP) 
$$\begin{cases} V - \min(x, -y) \\ \text{s. t. } (x, y) \in T \end{cases}$$

有如下结论:

定理 2:第  $p$  年是经济增长有效的,当且仅当  $(x_p, y_p)$  为 (VP) 的 Pareto 有效解。

(二) 评价结果与分析

接下来,对该地区 2000~2009 年的经济增长效率进行相对有效性评价。考虑到该地区的能源强度基本上呈现下降的趋势,即依靠资源的投入获得经济快速增长的模式已经得到了充分发挥,政府决策

者将采取各种措施减少规模不经济,推迟规模报酬递减阶段的到来。为此,令 $\delta = 0$ ,应用(DP)模型对原始数据进行评价,结果如表5所示。

从表5可以看出,该地区在2000、2002、2007、2008、2009年的相对效率值为1,根据定义1和定理2,经济增长效率处于有效状态,投入、产出都不存在

表5 经济增长效率评价结果

年份	$q$	$s_1^+$	$s_1^-$	$s_2^-$	$s_3^-$	$s_4^-$
2000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2001	0.966	0.000	0.000	0.109	0.000	0.000
2002	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2003	0.967	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000
2004	0.959	0.000	537.198	0.000	0.012	0.000
2005	0.956	0.000	434.296	0.000	0.034	0.000
2006	0.978	0.000	511.205	0.000	0.044	0.000
2007	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2008	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2009	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注: $q$ 为效率值; $s_1^+$ 为 $Y$ 的剩余变量; $s_1^-$ 、 $s_2^-$ 、 $s_3^-$ 、 $s_4^-$ 分别为 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 的松弛变量。

改进的可能性,投入、产出之间达到了Pareto有效状态;其中,2007~2009年该地区的经济增长效率都为1,明显优于2003~2006的水平,且剩余变量和松弛变量均为0,经济增长方式优化情况较好;其余年份的经济增长效率较低,至少存在一个 $s_k^- \neq 0$ 或 $s_k^+ \neq 0$ ,说明至少有1项投入或产出没有达到Pareto有效状态,而2005年的效率值最低,为0.956。从松弛变量和剩余变量上看,该地区这10年的国民生产总值、资本存量都为0,说明没有改变的必要性,此外,2002年只有能源强度的松弛变量为0.109,剩余为0。

以2006年为例,该年份的经济增长效率为0.978,能源消费量和资本存量的松弛变量分别为511.205和0.044。根据定义1和定理1,在保持其他投入和产出指标不变的情况下,减少能源消费量和资本存量的数量,该年份的经济增长效率将有所提升,如果减少的量分别为511.205和0.044,那么,该年份的经济发展状态可以修正为有效。对其他无效年份也可做类似分析。

为了考察经济增长与各投入要素的关系,选取效率值和能源消费量与能源结构的松弛变量 $s_1^-$ 和 $s_3^-$ 为分析对象,继续对三者之间的曲面图和等值线图进行讨论。从图2可以看出,曲面在中间部分凹陷,在指向效率值和其相反位置处凸起,说明2000~2009年的前几年和后几年经济增长效率较高。

从图3可以看出,2000~2009年间的经济增长效率都介于0.959~1.000之间,经济增长态势较为平缓,能源消费量的松弛变量小于540,能源结构的

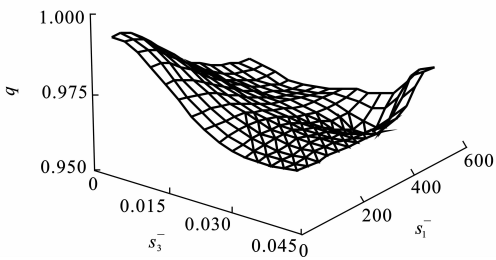


图2  $q$ 与 $s_1^-$ 和 $s_3^-$ 的曲面

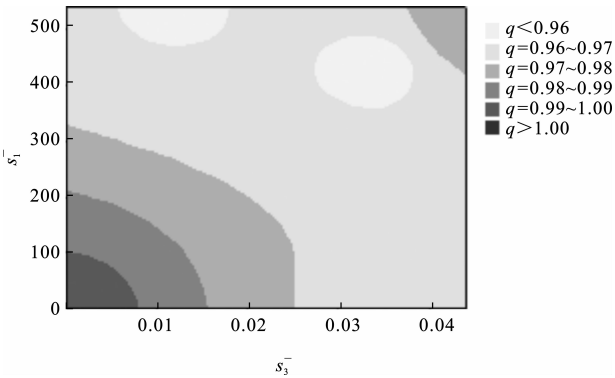


图3  $q$ 与 $s_1^-$ 和 $s_3^-$ 的等值线

松弛变量小于0.045,2004年和2005年的经济增长效率较低,且能源消费量与能源结构的松弛变量也处于较高位置,改进的空间较大。

四、结 语

随着生存与发展的矛盾不断加剧,低碳经济逐渐成为世界的共识,“节能减排”、转变经济增长方

式对任何一个国家和地区来说都显得刻不容缓。本文选取中国某地区为研究对象,综合采用灰色关联分析和 Granger 检验对该地区经济增长与能源消费量、能源强度、能源结构和资本存量的关联性进行了分析,并应用 DEA 方法对其 2000~2009 年 10 年间的经济增长效率进行了相对性评价。结果显示,该地区能源消费量对经济增长的影响超过了其他因素,关联度最高,资本存量对经济增长的影响最弱;进一步分析显示,该地区经济增长对能源结构的变化较为敏感;在经济增长效率的评价方面,该地区近几年的经济增长效率较高,投入与产出之间基本达到了 Pareto 有效状态,且所有年份中,地区国民生产总值的剩余变量和资本存量的松弛变量均为 0,说明该地区经济增长方式的转变应重点优化能源消费量、能源强度和能源结构。本文对地方各级政府考察经济增长方式、经济增长对特定资源的依存度、经济增长方式转变的效果评定等问题具有一定的借鉴意义,并可对区域经济治理相关命题的研究提供一定的理论支撑。当然,现在的工作还是初步的,有待于进一步发展和完善。

#### 参考文献:

[1] Kraft J. On the relationship between energy and GNP

- [J]. Energy Development, 1978, 26(3): 401-403.
- [2] 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, 26(9): 55-58.
- [3] 赵丽霞, 魏巍贤. 能源与经济增长模型研究[J]. 预测, 1998(6): 32-34, 49.
- [4] 林伯强. 电力消费与中国经济增长: 基于生产函数的研究[J]. 管理世界, 2003(11): 18-27.
- [5] 汪旭晖, 刘 勇. 中国能源消费与经济增长: 基于协整分析和 Granger 因果检验[J]. 资源科学, 2007, 29(5): 57-62.
- [6] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 中国科技出版社, 1999.
- [7] 黄 飞, 何 明. 能源消费与国民经济发展的灰色关联分析[J]. 能源研究与利用, 2000(6): 11-12.
- [8] 尹春华, 顾培亮. 我国产业结构调整与能源消费的灰色关联分析[J]. 天津大学学报, 2003, 36(1): 104-107.
- [9] 邢 俊. 集团拆分效率综合评价的非参数方法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(4): 700-708.
- [10] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

## Analysis of efficiency and correlation between regional economic growth and energy consumption

XING Jun

(Department of Business, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473004, Henan, China)

**Abstract:** Based on the statistical description of the raw data about economic growth and energy consumption, energy intensity, energy structure and capital stock in a region (2000~2009), the paper applies the grey correlation analysis method and Granger causality test method to discuss the dynamic relationship between economic growth and energy consumption of the region, and also evaluates the region's economic growth, the relative efficiency in the period from 2000 to 2009. The results show that although the region's economic growth and energy consumption have a strong correlation, there is no clear and casual correlation between the energy consumption and economic growth. Furthermore, the evaluation shows that the region's economic growth has reached the Pareto efficient state in the past three years.

**Key words:** energy consumption; economic growth; grey correlation analysis; Granger test