

【统计应用研究】

能源消费与经济增长再探讨 ——基于最大熵自助法的研究

刘剑锋, 汤晓蔚

(浙江农林大学 经济管理学院, 浙江 杭州 300311)

摘要:建立基于最大熵自助法的框架, 讨论 1981—2009 年间中国的能源消费与经济增长的关系。首先进行双变量分析, 研究表明能源消费与经济增长之间不存在显著的因果关系, 然后在双变量框架下, 引入了能源价格和汇率建立多元分析框架。在不同的滞后阶数以及不同的时间阶段得到了相同的研究结论, 即中国的能源消费与经济增长不存在因果关系。所以能源消费于经济增长是中性的, 实施节能减排政策并不会危害中国的经济增长。

关键词:最大熵自助法; 能源消费; 经济增长; 因果分析

中图分类号:F224 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-3116(2012)09-0045-07

能源问题一直是中国经济快速、健康发展的关键问题。中国是世界上经济增长最快的国家之一, 同时也是一个能源生产和消费大国。2010 年, 中国一次能源消费总量达到 32.5 亿吨标准煤, 较 2005 年增长了 30%, 一次性能源生产总量达到 29.7 亿吨标准煤, 比 2005 年增长了 29%。由于能源消费快速上涨给经济增长带来影响, 一直是中国政府在制定相关政策的时候重点关注的问题。所以研究和理解能源消费与经济增长之间的相互关系是非常重要的。中国加入东京议定协议书时承诺从 2012 年开始实施降低温室气体排放行动。其中能源消费是温室气体排放的主要来源。因此需要评估能源消费对经济增长的影响。

目前关于能源消费与经济增长相互关系的研究结论存在较多分歧, 以致于能源学术研究对国内能源政策产生的影响非常小。现有研究的主要问题是研究样本的时间序列长度都较短, 导致实证研究的结果对研究时间区间的选择以及计量方法的选择非常敏

感。因此 Karanfil 和 Ozturk 认为未来的研究应该重点关注于采用最新的计量经济学方法, 而不是采用传统的方法对不同的国家和不同的研究时间区间进行研究^[1-2]。本文采用最大熵自助法(the maximum entropy bootstrap)重新来研究这个问题。从计量经济学理论的角度来看, 小样本的情况下最大熵自助法相比于传统的基于渐进理论的推断更为准确和强健。同时在能源经济文献中, 自助法的应用非常少, 主要原因是传统的自助法对于数据的要求很高。如果采用最大熵自助法的方法, 就可以弥补这个缺陷。该方法可以应用于所有的具有结构性突变形式和非平稳过程的时间序列, 而且不需要对数据进行变换。同时还允许假设进行准确性检验和设定性偏误的强健性检验。本文利用这个方法研究能源消费与经济增长, 从而得到一个更为准确可靠的研究结论。

一、相关文献回顾

从研究的角度来看, 能源消费与收入关系已经

收稿日期: 2012-05-02

基金项目: 教育部人文社会科学青年基金项目《金融发展对能源消费的影响研究》(12YJC790115); 浙江省自然科学基金项目《浙江省外贸隐含碳排放变化的驱动因素研究》(Y7100544); 浙江农林大学青年教师创新团队科研项目《浙江省可持续发展视角下的能源效率能源需求问题的研究》(2010RC)

作者简介: 刘剑锋, 男, 浙江杭州人, 讲师, 经济学博士, 研究方向: 国际贸易, 国际金融;

汤晓蔚, 女, 浙江临安人, 讲师, 研究方向: 国际贸易, 环境经济。

不是什么很新的研究课题。从 Kraft 和 Kraft^[3]做了开创性研究之后,又有很多研究。国外文献得到的研究结果不尽相同,有些甚至是矛盾的。

Kraft J 和 Kraft A 利用美国的能源、经济数据进行单向因果研究发现,经济增长是能源消费的原因^[3]。随后 Yu 和 Jin 通过样本区间的选择以及计量方法的改进来对该问题继续进行研究,发现了与 Kraft J 和 Kraft A 相反的结论^[4]。Stern 则通过增加了劳动力和资本两个变量进行研究,发现不存在总能源消费到经济增长的格兰杰因果关系^[5]。后来 Altinay 和 Karagol、Halicioglu、Halicioglu 等对南美、欧洲和亚洲等不同的国家进行了大量的实证研究,研究的结果并不一致^[6-8]。

中国的学者对这个问题也做了大量的研究,国内文献得到研究结论大多是支持存在因果关系和协整关系。史丹采用结构指数分析了 1980—2000 年产业结构的变动对提升能源消费的影响^[9]。林伯强应用协整和误差修正模型技术研究了中国电力消费同经济增长的关系,结果显示在经济增长、资本、人力资本以及电力消费之间存在着长期的协整均衡关系,并对效率和能源需求等进行了中长期预测^[10-11];韩智勇等人采用 E-G 两步法和未考虑平稳性的标准 Granger 因果检验,对 1978—2000 年间的经济增长序列及能源消费总量数据进行了分析,得出能源消费和经济增长之间不存在长期均衡关系但存在双向因果关系的结论^[12];马超群等人采用 E-G 两步法对 1954—2003 年间的年度数据进行了分析,得出经济增长同能源总消费、煤炭消费之间存在着长期的均衡关系,同石油、天然气和水电之间不存在协整关系,同样在未考虑平稳性条件下采用 Granger 检验得出经济增长同总能源消费之间存在双向因果关系的结论^[13]。王少平、杨继研究了中国工业各主要行业的能源消费和行业增长的综列协整关系,认为中国工业各主要行业的能源消费与行业增长和能源效率之间存在长期均衡关系,且长期均衡具有显著的短期调整效应^[14]。赵进文、范继涛研究经济增长与能源消费的非线性关系,利用非线性 STR 模型技术对中国能源消费与经济增长之间的关系进行了研究^[15]。研究认为中国经济增长对能源消费具有非线性特征、非对称性以及影响具有明显的阶段性特征。曹明利用向量自回归模型研究了 1978—2007 年之间的数据,认为中国能源经济效率、第三产业比重和能源价格指数之间存在协整关系^[16]。

中国能源消费与经济增长的研究中,主流结论倾向于认为能源消费与经济增长存在因果关系。但是现有的研究方法一般存在两个主要的问题,第一就是前期的研究,没有关注数据的稳定性,这会导致伪回归。第二是后期的研究,一般采用原始数据差分来获得平稳数据,然后再进行因果分析。但是对原始数据进行差分也存在明显的缺陷,那就是差分之后的数据的经济含义也会随之产生变化,所得到的结论的真实性、可靠性会受到一定的影响。鉴于这两个问题,本文决定采用最大熵自助法(meboot)对这个问题重新进行研究,可以较好的解决前面的两个问题,因此本文从研究方法上可以补充国内能源消费与经济增长的研究文献,从技术上保证获得一个更为准确、更具有真实经济含义的结论。

二、自助法与最大熵自助法

传统的假设检验和置信区间都是建立在渐进理论基础上的,但是在研究中,如果样本数量较少的时候应用传统的假设检验,会导致研究结论不可靠。MacKinnon 讨论了这个问题,研究认为当样本规模小于或等于 50 的时候,渐进 J 检验在 5% 的显著性水平上拒绝一个真命题的概率超过 80%^[17]。从因果关系检验中,过度拒绝可能导致由于拒绝了没有因果关系的原命题,从而认为存在因果关系。随着计量技术的发展,特别是自助法方法的出现以及计算机性能的提升,我们在统计判断的时候利用基于自助法的分布模拟,可以克服由于样本分布问题带来的不利影响。自助法本质来说包括使用参数方法或者重抽样来计算得到大量的数据,这些数据用来近似原始数据的分布特征。

传统的自助法在数据存在自相关的时候,往往表现不好,于是 Vinod 提出了最大熵自助法(Maximum Entropy Bootstrap)方法是基于自助法的数据生成过程(DGP),该方法主要是用来处理序列相关的非平稳数据,比如经济数据^[18]。其他类型的自助法的数据产生系统,比如各种类型的 block bootstrap 会对原始数据进行重新排序,而最大熵自助法不会对原始数据进行重新排列,因此可以避免重新排列对数据信息的独立性和异质性的破坏。相反,它利用一个七个步骤的算子,得到模拟样本数据。该模拟样本数据能保留原始数据分布的基本特征以及自相关函数、偏相关函数等统计特性。这个数据生成过程能满足数据遍历性要求以及中心极限定理。从应用计量经济学的角度来看,该方法的主

要优点是改善了数据变换过程中产生的数据冗余。同时该方法还具有更灵活、更可靠的特点,该方法可以用于各种类型的非平稳数据,包括近似单位根数据和长记忆数据。近似单位根数据和长记忆数据在小样本的时候,统计推断非常容易出错。

经济及社会科学领域的研究对象往往是动态的、复杂的和自适应系统,这就导致了经济时间序列数据的不可逆性、非平稳性以及数据长度普遍比较短等基本特征。经济学者在过去的研究过程中,需要用非标准的 Dickey—Fuller 检验统计量来检验回归系数,以及通过消除趋势和差分等方法,把时间序列转换成平稳序列。最大熵自助法的出现,避免这两种方法存在的问题,实现了更高的准确性、可靠性,保留了数据的原始含义。

三、实证研究

(一)双变量分析

论文研究能源消费与经济增长的关系,我们首先研究双变量因果关系,即能源消费与经济增长之间的相互关系。同时最大熵自助法在对于多个时间序列数据分析的时候,不用考虑其是否是平稳的。方程设定如下:

$$y_t = c_1 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1,i} e_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_{1,j} y_{t-j} + u_{1,t} \quad (1)$$

$$e_t = c_2 + \sum_{i=1}^m \alpha_{2,i} e_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_{2,j} y_{t-j} + u_{2,t} \quad (2)$$

其中 $u_i (i = 1, 2)$ 是残差项, $c_i (i = 1, 2)$ 是常数项, 选用 GDP 来表示经济增长, 单位是亿元。能源消费

选用能源消费总量, 单位是万吨标准煤。数据来自《新中国 60 年统计资料汇编》和《中国统计年鉴 2011》。同时, 对原始数值取对数处理, 可以降低异方差和共线性问题, 同时可以和前人的研究相一致。能源消费和经济增长的时间序列图见图 1。

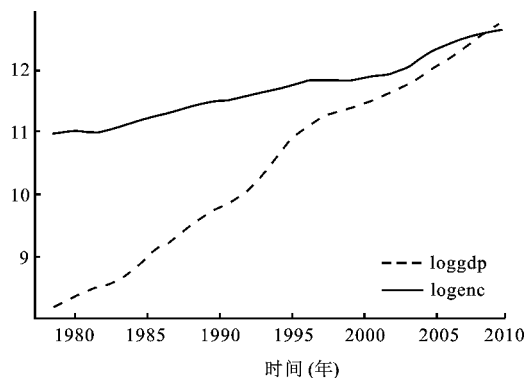


图 1 能源消费总量和 GDP 的时间序列图

为了检验因果关系, 我们使用 meboot 算子得到 $Q=999$ 的再抽样数据。并用此数据来模拟能源消费变量 e 和经济增长变量 y 的分布。总体来说, 这些数据代表了原始数据的样本。利用这些数据, 对回归方程(1)和(2)进行 $Q=999$ 次回归, 可以得到 999 个系数估计值, 利用这 999 个系数回归值, 可以得到系数 α_{1i} 和 β_{2j} 的置信区间。为了计算这些置信区间, 使用 Hyndman 提出的最高密度区间方法 (Highest Density Region method, HDR), 最高密度区间方法提供了一种高级的、可靠的方法。特别是在处理具有双峰、多峰分布样本的时候, HDR 具有很强的优势^[19]。

表 1 基于最大熵自助法回归分析的结果(双变量)表

滞后阶数	α_{1i}		β_{2j}	
	99%置信区间	95%置信区间	99%置信区间	95%置信区间
Lag(1,1)	(-0.133 2, 0.581 3)	(-0.086 7, 0.426 2)	(-0.168 1, 0.636 4)	(-0.091 0, 0.471 9)
Lag(1,2)	(-0.172 9, 0.651 0)	(-0.083 5, 0.464 4)	(-0.194 6, 0.660 9)	(-0.122 8, 0.534 4)
Lag(2,1)	(-0.469 0, 0.801 7)	(-0.333 4, 0.559 1)	(-0.490 6, 0.831 6)	(-0.394 1, 0.639 4)
Lag(2,2)	(-0.500 6, 0.795 3)	(-0.349 6, 0.560 1)	(-0.493 5, 0.821 1)	(-0.386 3, 0.653 8)

回归方程(1)的原假设是能源消费(lenc)不是经济增长(lgdp)的原因, 如果零点在 $(1-\alpha)100\%$ 置信区间之外的话就拒绝原假设, 如果零点在 $(1-\alpha)100\%$ 置信区间之内的话, 就接受原假设, 即能源消费不是经济增长的原因。回归方程(2)的原假设是经济增长不是能源消费的原因, 具体因果判断的方

法类似方程(1)。具体结果见表 1。关于滞后变量阶数的选择, 我们分别选取(1,1)、(1,2)、(2,1)和(2,2)。从不同的滞后阶数的结果和对应的回归系数的概率分布可知, 能源消费不是经济增长的原因, 经济增长也不是能源消费的原因。即能源是中性, 两者不存在显著的相互关系。不同的滞后阶数所对

应的回归系数概率分布见图 2 和图 3 所示。

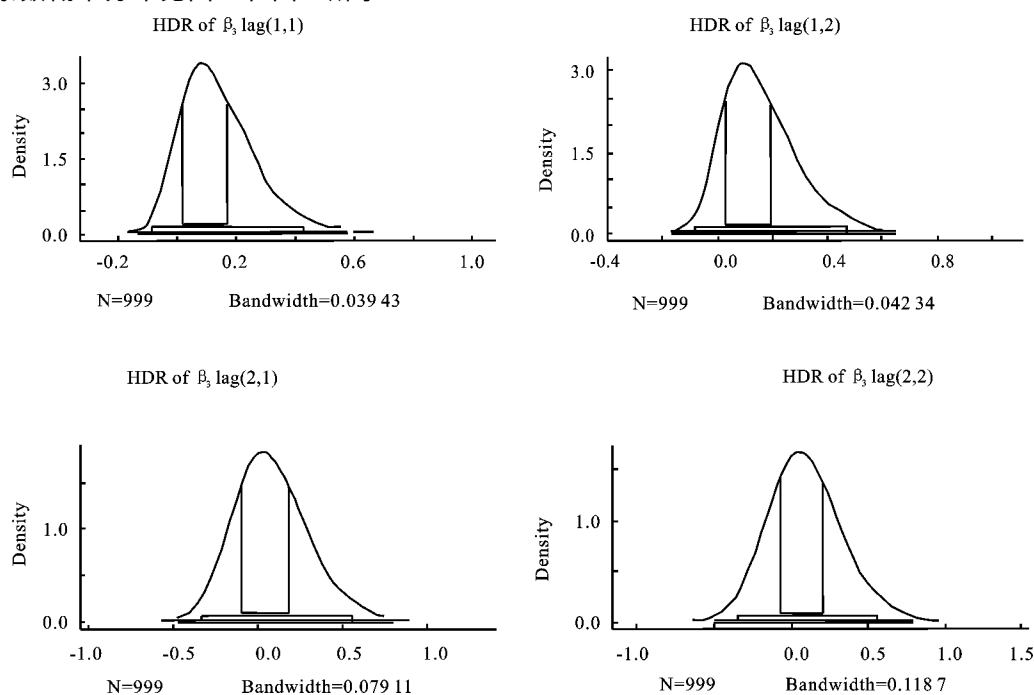


图 2 方程(1)的最高密度区间图

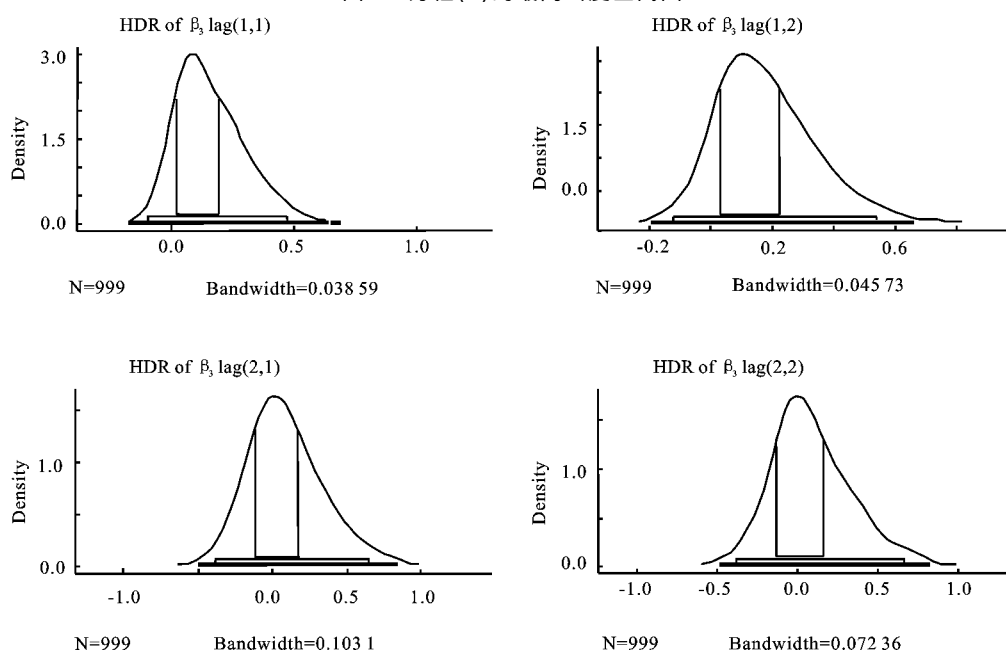


图 3 方程(2)的最高密度区间图

(二)多变量分析

多数关于能源消费与经济增长的研究都采用双变量框架,但是 Karanfil^[1]和 Halicioglu^[7]最近的论文中指出,潜在的被忽略的变量会影响研究的结论。所以我们需要扩展到多变量框架下进行分析。第一个变量我们引入了能源价格变量,具体选择历年的《中国统计年鉴》的燃料、动力类购进价格指数表示。这个变量引入多元变量系统是非常重要的,因为中

国经济结构中,第二产业的比重最大,相比其他两个产业,第二产业对能源消费是最多的。因此能源价格会影响中国的能源消费与经济增长的关系。第二个变量是人民币对美元的汇率。Karanfil 以及 Ozturk 指出,汇率在能源消费的研究中是非常重要的^[1-2]。因为汇率会直接影响中国产品的国际竞争力,由于中国的外向型经济特点,导致汇率会通过出口这个渠道影响中国的经济增长。在中国,汇率影

响能源消费的研究普遍认为, 汇率会影响能源消费, 但是影响能源消费的方向存在争议。

同时也有很多文献的研究结论表明, 能源消费与经济经济增长关系研究的结论会随着研究时间段选择的不同而得到不同的结果。在多元分析中, 我们的时间段是 1990—2009 年, 可以和双变量分析进行比照。其中能源消费变量和经济增长变量的滞后阶数选择参考双变量分析模型中的滞后阶数的选择, 分别选取 (1, 1)、(1, 2)、(2, 1) 和 (2, 2)。价格指数和汇率的影响, 参考了多数文献后选取一阶滞后。

考虑了上述的两个变量, 我们的多元模型设立为:

$$y_t = c_1 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1,i} e_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_{1,j} y_{t-j} + \sum_{k=1}^q \gamma_{1,k} p_{t-k} + \sum_{l=1}^s \lambda_{1,l} r_{t-l} + u_{1,t} \quad (4)$$

$$e_t = c_2 + \sum_{i=1}^m \alpha_{2,i} e_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_{2,j} y_{t-j} + \sum_{k=1}^q \gamma_{2,k} p_{t-k} + \sum_{l=1}^s \lambda_{2,l} r_{t-l} + u_{2,t} \quad (3)$$

其中 p 是燃料、动力类构建价格指数, r 是人民币对美元的汇率。这两个变量的时间序列图见图 4。

为了检验因果关系, 论文使用 meboot 算子得到了 $Q = 999$ 的再抽样数据来模拟能源消费变量 e 和经济增长变量 y 的分布, 在抽样过程中考虑了价格

指数与汇率的影响。总体来说, 这些数据可以代表原始数据的样本。对回归方程 (3) 和 (4) 进行 $Q = 999$ 次回归, 可以得到 999 个系数估计值, 利用这 999 个系数回归值, 可以得到系数 α_{1i} 和 β_{2j} 的置信区间。其中置信区间的计算使用最高密度区间方法 (Highest Density Region method, HDR)。判断的规则与双变量模型是相同的, 回归方程 (3) 的原假设是能源消费 (lenc) 不是经济增长 (lgdp) 的原因, 如果零点在 $(1-\alpha)100\%$ 置信区间之外的话就拒绝原假设, 如果零点在 $(1-\alpha)100\%$ 置信区间之内的话, 就接受原假设, 即能源消费不是经济增长的原因。回归方程 (4) 的原假设是经济增长不是能源消费的原因, 具体因果判断的方法类似方程 (3)。具体的结果见表 2。

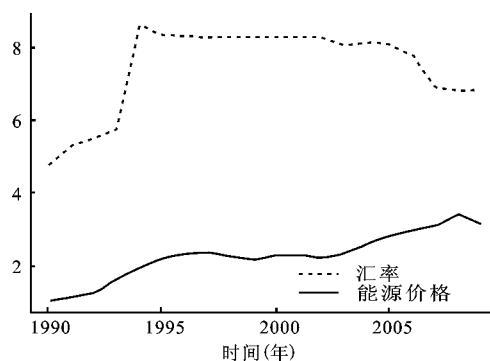


图 4 燃料、动力类价格指数和汇率的时间序列图

表 2 基于最大熵自助法回归分析的结果 (多变量) 表

滞后阶数	α_{1i}		β_{2j}	
	99%置信区间	95%置信区间	99%置信区间	95%置信区间
Lag(1,1)	(-0.378 1, 1.238 7)	(-0.198 6, 0.851 5)	(-0.499 8, 1.234 6)	(-0.307 3, 0.875 5)
Lag(1,2)	(-0.476 5, 1.199 5)	(-0.300 1, 0.897 1)	(-0.604 3, 1.370 7)	(-0.375 3, 0.969 8)
Lag(2,1)	(-0.841 7, 1.263 7)	(-0.485 2, 0.848 7)	(-0.854 7, 0.428 0)	(-0.606 9, 1.007 0)
Lag(2,2)	(-0.809 5, 1.276 3)	(-0.515 9, 0.873 3)	(-0.984 9, 1.644 1)	(-0.659 0, 1.075 8)

总体来说, 在控制了汇率和能源价格之后, 我们获得了与前面相同的结果, 即能源消费与经济增长是中性关系的假设。通过不同滞后阶数的结果和对应的回归系数的概率分布可以知道, 能源消费不是经济增长的原因, 经济增长也不是能源消费的原因, 两者不存在显著的相关关系。但是这里得出的结论更加可靠, 因为我们在分析能源消费与经济增长关系中, 考虑了汇率以及能源价格的影响。多变量分析条件下不同滞后阶数所对应的回归系数的概率分布见图 5 和图 6 所示。

四、结 论

过去的十几年, 中国经济快速发展。由于人口的增加以及工业化进程的推进, 在能源方面的投资和建设就显得非常重要。2010 年中国石油进口已经达到 55%, 到“十二五”中国石油依存度很可能达到 60%, 快要赶上美国 63% 的石油依存度了。即使是中国最丰富的煤炭资源也面临可开采资源储备不足、优质煤炭资源枯竭和开采难度越来越大的困扰。因此能源问题是制约中国经济发展的重要问题, 也是当前政府主要工作内容之一。这正是学术界从事

能源与经济相关课题研究的原始推动力。

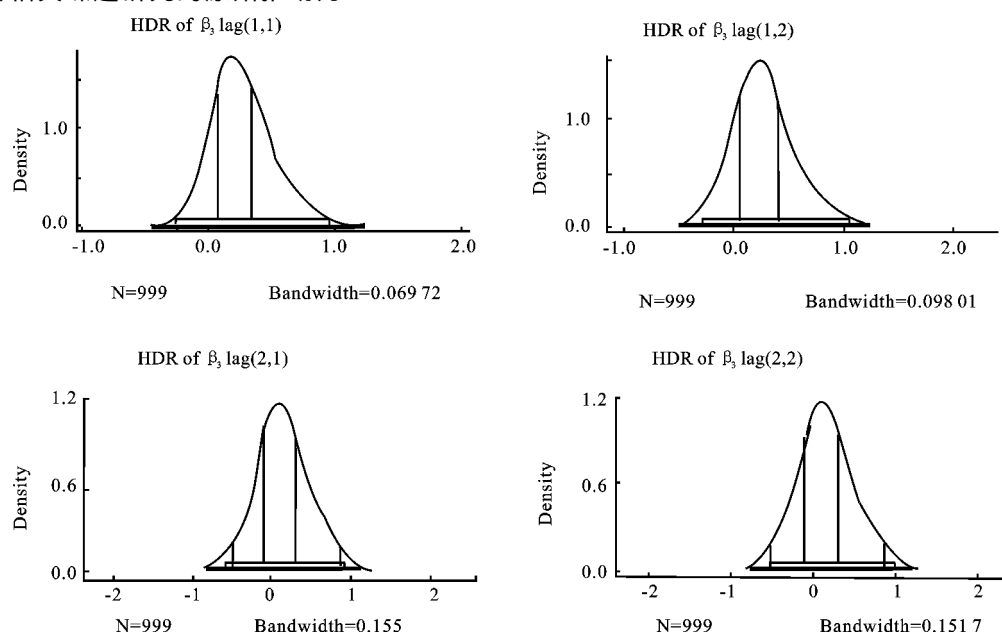


图 5 方程(3)的最高密度区间图

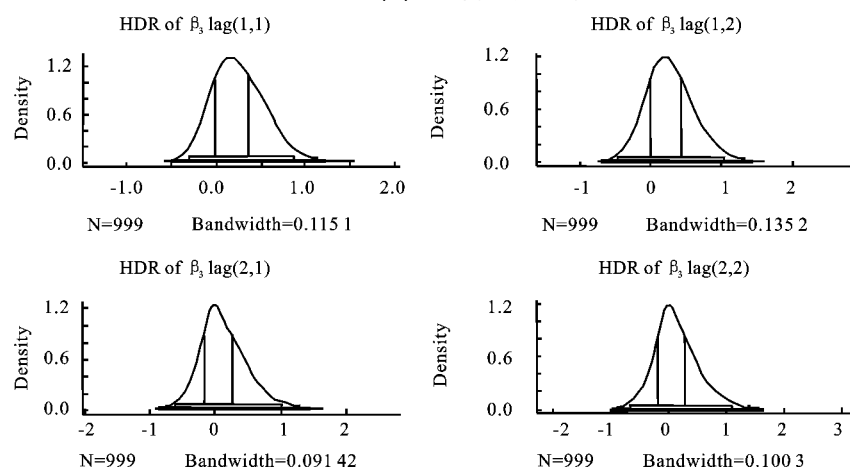


图 6 方程(4)的最高密度区间图

中国是个高速发展中的国家,经济发展是国家最根本的利益,如果经济不发展就会给国家、政府和民众带来巨大的灾难。但是在经济发展的同时,如果不能很好的实施节能减碳会导致资源的匮乏和环境的恶化,最终仍然会制约经济的健康发展。因此我们迫切需要搞清楚能源消费与经济增长之间的关系。相关的研究有很多,但是研究结论并不一致。

本论文利用最大熵自助法重新研究这个问题,希望通过研究方法的改进来提升对这个传统问题的认识深度。最大熵自助法最大的特点就是在小样本的条件下可以得到更加准确可靠的研究结论,这

在传统的基于渐进理论的计量方法中是无法实现的。更为吸引人的地方是,最大熵自助法在数据生成过程中并不会破坏原始数据的分布特征,比如非平稳数据、包含结构断点的非平稳数据、近似单位根数据以及分形协整数据等,这些数据的特征并不会随着数据处理而消失。这就避免了数据分布预先设定的错误,提升了研究结论的可靠性。论文设定了一个基于最大熵自助法的因果分析框架,用来分析能源消费与经济增长的关系。研究表明,两者之间不存在显著的因果关系。研究结论较好的支持能源消费与经济增长的中性假说。

参考文献:

- [1] Karanfil F. How Many Times Again Will We Examine the Energy Income Nexus Using a Limited Range of Traditional

- Econometric Tools[J]. Energy Policy, 2009, 37(4).
- [2] Ozturk I. A Literature Survey on Energy – Growth Nexus[J]. Energy Policy, 2010, 38(1).
- [3] Kraft J, Kraft A. On the Relationship Between Energy and GNP[J]. Journal of Energy and Development, 1978, 3(2).
- [4] Yu E S H, Jin J C. Cointegration Tests of Energy Consumption, Income, and Employment[J]. Resources and Energy, 1992, 6(3).
- [5] Stern D I. A Multivariate Cointegration Analysis of the Role of Energy in the US Macroeconomy[J]. Energy Economics, 2000, 22(2).
- [6] Altinay G, Karagol E. Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey[J]. Energy Economics, 2005, 27(6).
- [7] Halicioglu F. An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey[J]. Energy Policy, 2009, 37(3).
- [8] Halicioglu F. Residential Electricity Demand Dynamics in Turkey[J]. Energy Economics, 2007, 29(2).
- [9] 史丹. 我国经济增长过程中能源利用效率的改进[J]. 经济研究, 2002(9).
- [10] 林伯强. 结构变化、效率改进与能源需求预测—以中国电力行业为例[J]. 经济研究, 2003(5).
- [11] 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).
- [12] 韩智勇, 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(12).
- [13] 马超群, 储慧斌, 李科. 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(10).
- [14] 王少平, 杨继生. 中国工业能源调整的长期战略与短期措施[J]. 中国社会科学, 2006(4).
- [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).
- [16] 曹明. 中国能源经济效率动态分析与预测[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(4).
- [17] MacKinnon J G. Bootstrap Inference in Econometrics[J]. Canadian Journal of Economics, 2002, 35(4).
- [18] Vinod H D. Ranking Mutual Funds Using Unconventional Utility Theory and Stochastic Dominance[J]. Journal of Empirical Finance, 2004, 11(3).
- [19] Hyndman R J. Computing and Graphing Highest Density Regions[J]. American Statistician, 1996, 50(2).

Energy Consumption and Economic Growth—Research: Based on the Maximum Entropy Bootstrap

LIU Jian-feng, TANG Xiao-wei

(School of Economics & Management, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 300311, China)

Abstract: This paper establishes a framework based on the maximum entropy method, to analysis the relationship between China's energy consumption and economic growth from 1981 to 2009. Compared with the traditional theory research methods based on the evolutionary, the result of this paper provide a more accurate and robust conclusions. The research analysis framework between energy consumption and economic growth by a bivariate firstly, the result shows that these have no significant causality, and then set up a multivariate framework, by introduce the energy prices and exchange rate. This multiple analysis framework research gets conclusions in different lag order number and with different time stage, and gets the same conclusions that China's energy consumption and economic growth does not exist causality.

Key words: the maximum entropy bootstrap, energy consumption, economic growth, causation analysis

(责任编辑:马 慧)