

# 世界能源消费收敛性分析 ——基于 Phillips & Sul 方法

吴巧生, 汪金伟

(中国地质大学(武汉) 经济管理学院, 武汉 430074)

**摘要:** 选择经合组织(OECD)27国(发达国家)与金砖5国(新兴快速发展中国家)为样本,运用 Phillips & Sul 提出的判断收敛性的方法,考察其人均能源消费的收敛性。实证研究发现:总体32国的人均能源消费不具有收敛性;在 OECD 27 国中,剔除冰岛后的26个发达国家的人均能源消费具备收敛特征;金砖5国人均能源消费也具有收敛性,但收敛速度缓慢,明显慢于上述26个发达国家。收敛性的分析结果表明:发达国家和发展中国家之间人均能耗演变呈现分异特征,而发达国家彼此之间以及发展中国家相互之间节能政策合作的潜力较大,人均能耗具有相似的演变特征。这意味着,在全球能源约束尤其是全球气候变化约束下,发达国家与发展中国家在节能政策达成一致的难度较大,相对而言,发达国家、发展中国家两大阵容各自内部在节能政策选择方面形成共识的可能性较大。

**关键词:** 能源消费; 收敛性; OECD 国家; 金砖国家

**中图分类号:** F062.1; F22

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-3370(2013)01-0040-06

能源是国民经济中最基本的物质基础之一,能源消费与经济发展两者息息相关,20世纪70年代爆发的两次能源危机吸引了全世界关注能源问题的目光,人们意识到能源在促进经济发展的同时也已经成为制约经济增长的基本因素。能源是经济发展的一把“双刃剑”——经济的发展以能源的投入为前提,对能源需求有较大的依赖性:一方面,当有充分的能源供给时,经济发展潜能得到释放,“廉价石油时代”西方发达国家经济的高速增长便是很好的佐证;另一方面,能源紧缺或能源危机也会给经济造成重大创伤,20世纪70年代以来的几次能源危机对全球经济的冲击给世人敲响了一次又一次的警钟。近年来,随着经济的发展,能源危机对经济发展的制约影响效果逐渐凸显,并且能源具有很强的负外部性和不确定性,负外部性表现在能源消费所带来的环境污染等问题,而不确定性则表现在矿物燃料的储量、未来的价格趋势和技术革新所带来的能源利用效率的未知性和难预测性,这些特征导致了解决能源问题的复杂性。由此,能源问题已经成为一个世界性的问题,世界各国都在关注并担忧本国的能源问题,并且积极从多种途径寻求解决能源资源的稀缺性与能源需求的无止境这一矛盾。

如何解决这一矛盾是本文研究的出发点。缓解或者解决能源问题在经济全球化的今天,并不是某

一个单一的国家能够完成的任务,欧盟、东盟等组织的存在也说明如今国家之间都在寻求通过合作的方式来应对各种危机。本文试图从多个国家能源消费水平是否收敛的角度,探讨不同国家之间采取合作解决能源问题提供的现实可行性。

## 一、文献综述

在反映能源消费的重要性上,现存的国外文献中已经阐述清楚能源消费和经济增长(以GDP增长来反映经济增长)之间具有正的相关关系,能源消费对经济增长是具有促进作用的。二者之间的这种正向关系首先被发达国家的相关数据反映出来(Bowden & Payne,2009<sup>[1]</sup>;Narayan & Smyth,2008<sup>[2]</sup>),随后在对欠发达国家的研究中也发现二者之间存在这种关系(Apergis & Payne,2009<sup>[3]</sup>;Lee & Chang,2007<sup>[4]</sup>)。在收敛性方面,Phillips & Sul(2007,2009)<sup>[5-6]</sup>提出了一种新的考察收敛性的方法,随后在其“Economic Transition and Growth”一文中运用这种方法,考察了基于经济合作发展组织(OECD)数据中各个国家经济增长通过不尽相同的发展方式、发展速度,但随着时间推移最终会趋同,当然现有数据的有限性,发达国家和发展中国家的增长会收敛到不同水平,可以认为是一种平衡态。Panopoulou & Pantelidis(2009)<sup>[7]</sup>同样是运用Phillips & Sul(2007,2009)提出

收稿日期: 2012-09-18

基金项目: 国家社会科学基金重大资助项目“我国资源环境问题的区域差异和生态文明指标体系研究”(11&ZD040)

作者简介: 吴巧生(1969—),男,教授,博士生导师,E-mail: qshwu@cug.edu.cn

的收敛方法,考察了128个国家的CO<sub>2</sub>排放水平的收敛性,发现这128个国家的CO<sub>2</sub>排放水平呈现出“俱乐部收敛”的形式,区域性的收敛到几种不同的水平。

在国内也不缺乏研究能源消费对经济增长的促进作用的文章。赵进文和范继涛(2007)<sup>[8]</sup>运用STR(平滑过渡模型)放宽了能源消费和经济增长之间的线性关系假设,选取了我国1953—2005年的GDP和一次能源消费量(发电煤耗法)的53组年度数据,探究了能源消费和经济增长的内在依存关系,研究表明在我国二者之间的关系需要对时间段进行区分,从1956—1976年之间二者之间在线性和非线性之间转换,而在1977—2005年间,二者则是比较稳定的正向线性相关。吴巧生和成金华(2009)<sup>[9]</sup>构建了中国工业化中能源消费和GDP的协整关系,采用格兰杰因果检验,发现短期我国能源消费和GDP之间不存在显著的因果关系,但是我国能源消费和GDP之间存在着长期的线性关系。在收敛性方面,齐绍洲和罗威(2007)<sup>[10]</sup>通过构建东西部能源消费强度差异和人均GDP差异的函数,认为我国东西部人均GDP差异和能源消费差异存在收敛,但能源消费差异收敛速度要小于人均GDP差异收敛速度。齐绍洲、云波和李锴(2009)<sup>[11]</sup>研究了中国与美国、日本、英国、德国、法国、加拿大、意大利、荷兰之间人均GDP差异的收敛性及其能源消费强度随人均GDP变化的收敛性,文中指出中国与上述八国之间的人均GDP差异存在收敛,随着人均GDP差异的收敛,中国与上述八国的能源消费强度差异也是收敛的,并且收敛速度快于人均GDP的收敛速度。

综上,国内外学者都已经通过不同数据、不同的方法验证了能源消费和经济增长之间是具有正向的相关关系的,能源消费对经济增长是具有促进作用的,而且经济增长是具有收敛性的。然而,林伯强(2008)<sup>[12]</sup>指出所有不可再生资源都存在峰值,需求增长越快,出现时间越早;在当前仍然由不可再生能源占主导消费地位的情况下,也就是能源消费存在着峰值,消费水平最终也会收敛,本文致力于运用Phillips & Sul(2007,2009)提出来的验证收敛的方法,考察基于国际能源署(IEA)的数据中32个国家人均能源消费的收敛性。

## 二、世界能源消费特征

从全世界能源消费现状和结构来看,我们会发现在世界范围内,能源消费呈现出两大特征:差异性

与不平衡性。这两大特征主要表现在以下几方面:

首先,能源消费总量上,发达国家或地区占据世界能源消费的主导地位,欠发达的国家或地区在能源消费总量上低于前者。这是经济发展过程中的必然历程,发达的国家或地区有着先发优势,在依靠强势的能源消费促进经济快速发展后,能源资源的有限性必然导致欠发达国家或地区面临着能源消费的拮据现象。进入工业化的国家的总人口约14亿,却消耗了全球能源消费总量的65%,那么全球剩下近50亿人口只能消费总量的35%,这反映在人均能源消费上极度的不平衡。

其次,则表现在地区上的差异性和不平衡性,世界三大能源消费中心北美、欧洲、亚太地区总共消费了全世界能源消费的90%,只能给非洲和中、南美洲地区留下10%的能源消费量,能源消费的地区性差异显而易见。

是什么原因导致了世界能源消费的差异性和不平衡性呢?廖华、魏一鸣在其《世界能源消费的差异性与不平衡性及其变化研究》<sup>[13]</sup>一文中谈到:受世界能源资源分布的不均衡性、能源技术革新的跳跃性、能源市场的多变性、世界经济周期的周期性、各国经济社会发展的阶段性和政策性等各类因素的制约或影响,世界各国或地区的能源消费存在较大差异和不平衡性。

能源消费的一般规律和世界能源消费的差异性和不平衡性表明,建立世界性的能源合作并非易事,但是这种可能性是不是真的完全不存在呢?下面本文将从各国能源消费的最终趋势考察他们的趋同性,探讨在区域或者国与国之间采取合作的可能性。

## 三、方法介绍

这部分将在Phillips & Sul(2007,2009)提出的方法的基础上,结合本文对能源消费收敛性的研究考察所选样本中的国家能源消费的收敛性。

对于人均能源消费,采用 $Y_{it}$ 来表示,通常是人均能源消费的对数形式,其中 $i=1, \dots, N$ ,表示的是不同的国家个体, $t=1, \dots, T$ 表示的时间。将 $Y_{it}$ 分解为

$$Y_{it} = a_i + x_{it} \quad (1)$$

其中, $a_i$ 表示的是不同国家的能源消费随时间推移而趋于的常值; $x_{it}$ 则表示不同的国家的能源消费的影响因子,同时这个影响因子 $x_{it}$ 是和时间 $t$ 之间是交互作用的。显然,随着时间 $t$ 的增加, $Y_{it}$ 会通过何种路径最终达到何种水平是由交互作用 $x_{it}$ 决

定的。Phillips & Sul (2007,2009)将式(1)进行变换,转换成相同部分和变化部分,考虑各个国家的人均能源消费  $Y_{it}$  的平均水平  $\mu_t$  来变换式(1)

$$Y_{it} = \frac{(a_{it} + x_{it})}{\mu_t} \mu_t = b_{it} \mu_t \quad (2)$$

其中,  $b_{it}$  是衡量  $Y_{it}$  收敛到平均水平  $\mu_t$  的。从式(2)中可以看出,如果  $b_{it}$  随着时间趋于某个常数  $b$ ,则可以认为所有国家的人均能源消费  $Y_{it}$  是收敛到同一个水平的;同时,也可以了解到所有的国家也有可能是收敛到多个水平。如果某几个  $b_{it}$  收敛到相同常数  $b_1$ , 而另外的  $b_{it}$  是收敛到另外一个常数  $b_2$ , 以此类推,可知所有国家可能会收敛到多个水平。

然而,如何直观的将收敛性表现出来呢? Phillips & Sul (2007,2009)定义了这样的一个参数  $h_{it}$  来直观反映  $Y_{it}$  的收敛性,形式如下

$$h_{it} = \frac{Y_{it} - \mu_t}{N^{-1} \sum_{i=1}^N Y_{it} - \mu_t} = \frac{b_{it} - \mu_t}{N^{-1} \sum_{i=1}^N b_{it} - \mu_t} \quad (3)$$

式(3)直接通过每个国家的人均能源消费和所有国家人均能源消费的均值的比值来反映能源消费的收敛性,同时  $h_{it}$  能够直观反映不同国家的能源消费随时间变量的变化趋势,变化的轨迹以及其偏离平均水平  $\mu_t$  的程度。

式(3)中,对于这  $i$  个国家而言,如果其人均能源消费最终收敛,也就是变量  $Y_{it}$  会趋于其均值,那么有

$$h_{it} \rightarrow 1, \text{当 } t \rightarrow \infty, i=1, \dots, N \quad (4)$$

式(4)隐含各个国家的人均能源消费可能是不同的,但是经过一定阶段的变化,最终会收敛。

图1展示了4种不同的人均能源消费轨迹,代表了式(4)中4种不同的转型途径。曲线1的类型是初始人均能耗较低(例如工业化程度低的国家),在阶段A仍持续走低,人均能耗从阶段B开始反弹、阶段C持续追赶,最后趋于平均水平。曲线2的

类型是在阶段A上升,阶段B、阶段C稳定后趋于均值。曲线3、曲线4反映的则是人均能耗初始值较高国家的两种不同的收敛途径。曲线3类型的国家是人均能耗随时间逐渐降低,最终趋于群体平均水平;曲线4的类型是在阶段A人均能耗仍然增加而在阶段B急剧减少最后趋于群体平均水平。

式(4)中已经谈到  $h_{it} \rightarrow 1$ , 当  $t \rightarrow \infty$  时认为其具有收敛性,但是如何才能知道这种收敛性是否稳定有效呢? 这就需要考虑  $h_{it}$  的方差

$$H_t = N^{-1} \sum_{i=1}^N (h_{it} - 1)^2 \quad (5)$$

在收敛的情况下,也就是当  $t \rightarrow \infty$  时  $h_{it} \rightarrow 1$ , 有  $H_t \rightarrow 0$ 。如果收敛性是稳定的,那么  $H_t$  必然是一个常数0,但是如果收敛是不稳定的,  $H_t$  就会成为一个正值,为了保证收敛的有效性,Phillips & Sul(2007)构建了一种时间序列的关于方差  $H_t$  回归模型来检验收敛性,同时确保收敛的稳定性。

为了方便构建人均能源消费收敛性的原假设,Phillips & Sul (2007)首先对系数  $b_{it}$  构建了一种半参数模型

$$b_{it} = b_i + \frac{\sigma \xi_{it}}{L(t)t^\alpha} \quad (6)$$

其中,  $b_i$  是常值;  $\xi_{it}$  对变量  $i$  而言是独立同分布的且其服从标准正态分布,但其与时间变量  $t$  可能是微弱相关的;  $L(t)$  是一个慢变化函数(如  $\log t$ ), 当  $t \rightarrow \infty$  时,  $L(t) \rightarrow \infty$ ; 参数  $\alpha$  反映的是系数  $b_{it}$  收敛到  $b_i$  的速度;  $t^\alpha$  的形式是为了确保对任意的  $\alpha \geq 0$ ;  $b_{it}$  都能够收敛到  $b_i$ 。在此基础上 Phillips & Sul(2007)构建了这样的原假设

$$H_0: b_i = b \text{ 且 } \alpha \geq 0$$

备择假设为

$$H_A: \{b_i = b \text{ 对任意 } i \text{ 且 } \alpha < 0\} \text{ 或者 } \{b_i \neq b \text{ 对部分 } i \text{ 且 } \alpha \geq 0 \text{ 或 } \alpha < 0\}$$

Phillips & Sul (2007)认为  $b_i$  是存在多个子集的,即不同的国家可能最终收敛的水平不是一个,而是一部分国家收敛到一个水平  $b_1$ , 而另外一些国家会收敛到另一个水平  $b_2$ , ( $b_1 \neq b_2$ )。同时将式(3)、式(5)、式(6)结合后进行数学变换可以得到  $H_t$  的一个等价形式

$$H_t \sim \frac{A}{L(t)^{2\gamma} t^{2\alpha}}, t \rightarrow \infty \quad (7)$$

其中,  $A$  是一个大于零的常数。设定  $L(t) = \log t$ , 建立起一个“log  $t$ ”检验的回归方程

$$\log(H_t/H_0) - 2\log L(t) = a + \gamma \log t + \mu_t, t = [rT], \dots, T \quad (8)$$

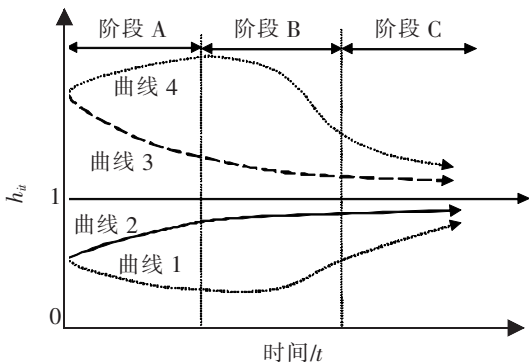


图1 人均能耗收敛的四种轨迹<sup>①</sup>

①据 Phillips and Sul, 2009 修改。

特别地,这个回归模型中关于的时间变量 $t$ 的起始点是决定于一个分数 $r$ 。Phillips & Sul(2007)建议在建模过程中将这个分数的区间设定为 $[0.2, 0.3]$ ,在该模型中当系数 $\gamma > 0$ 的时候我们认为 $h_{it}$ 是收敛的,且收敛是稳定的; $\mu_i$ 在模型中假定是趋势平稳的。

#### 四、实证分析

##### (一)数据来源

本文数据来源于国际能源署(IEA)能源平衡表,从中选取了32个国家从1971—2007年的能源消费数据。在研究中将这32个国家分为3组,第1组是这所有的32个国家,记为Group A;第2组是经济合作发展组织(OECD)中的27个国家,这27个国家都是经济发达国家,分别是挪威、冰岛、澳大利亚、爱尔兰共和国、卢森堡公国、加拿大、瑞典、荷兰、芬兰、美国、瑞士、日本、法国、丹麦、奥地利、比利时、意大利、新西兰、西班牙、英国、匈牙利、德国、希腊、韩国、斯洛伐克共和国、捷克、葡萄牙,记为Group B;第3组5个是正在崛起的发展中国家,包括巴西、印度、印度尼西亚、中国、南非,记为Group C。

##### (二)收敛性分析

在这部分的实证分析中,采用上面的32个国家的能源消费数据,首先从直观上考察上面三组数据的人均能源消费是否具有收敛的趋势,主要是采用式(3)中利用人均能源消费计算出来的 $h_{it}$ 并采用的曲线图的方式展现;然后采用式(8)中的回归模型考察系数 $\gamma$ 大小,并对其大小和显著性进行检验,结合 $h_{it}$ 图形探究其收敛或者不收敛的原因。

在式(3)中已经介绍了如何利用人均能源消费的初始数据计算 $h_{it}$ 数值,这里将以曲线图的方式展现出来,这样将比用数值显示更加直观。

##### 1. 整体数据中32个国家的人均能耗轨迹图

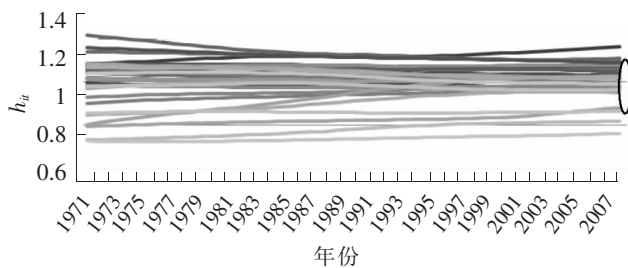


图2 总体32个国家人均能源消费轨迹图

从图2可以直观上表示出这总体的32个国家中可能存在着一个共同的收敛水平(如图2中椭圆所示)。随着时间的推移,人均能源消费的初始值比

较高的大多数国家呈现出下降的趋势,人均能源消费初始值比较低的国家大多数都呈现出上升的趋势,最终人均能源消费轨迹 $h_{it}$ 的值都是向着单位1靠拢,当然,靠拢的速度也是有快有慢,在图形上表现出来的就是这些曲线的斜率。直观上,认为这些国家的能源消费可能是收敛的,但是在下面存在个别的国家的 $h_{it}$ 趋近于1的速度很缓慢,在有限的时间样本中难以认为它们是收敛到1的。

##### 2. 经济合作发展组织(OECD)中的27个国家的人均能耗轨迹图

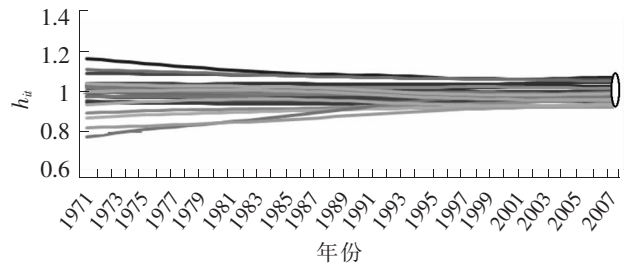


图3 OECD中27个国家人均能耗轨迹图

图3表示27个国家人均能源消费的轨迹图,同时相比较于32个国家整体图形,具有更加清晰的收敛趋势(如图3中椭圆所示)。这27个发达国家的初始值整体上也是有高有低,随着时间推移呈现出一种倒置的喇叭形状,在时间数据的终结点2007年的时候, $h_{it}$ 全部集中在 $[0.9, 1.1]$ 这一区间内,说明 $h_{it}$ 在向1集中,也即这27个国家的人均能源消费呈现出收敛的趋势。

##### 3. 5个新兴国家的人均能耗轨迹图

图4表示5个新兴崛起的国家人均能源消费轨迹图,在这幅图形上由于时间长度的有限性,似乎较难的认为他们具有收敛性,但是从变化趋势上可以看出它们朝着 $h_{it}=1$ 这个方向在延伸,不过变化的速度却是比较缓慢,因为 $h_{it}$ 值最小的印度和最大的南非之间还存在这较大的缺口。同时这5个国家很有代表性的反应了图1所示的4中不同能源消费转型路径,其中南非为类型4、巴西为类型3、印度尼西亚为类型2、印度为类型1。在这5个国家中,值得注意的一个现象就是中国的轨迹图,其人均能源消费轨迹图刺穿了横轴,从横轴的下方逐渐上升到横轴的上方,刺穿横轴的时间大约在2001年前后, $h_{it}$ 的值由 $h_{it} < 1$ 变化为 $h_{it} > 1$ ,也就是说中国在此段时间内能源消费量是极大的,由低于历年平均水平到超过历年平均水平。

##### (三)收敛性的检验

式(8)中已经介绍了如何通过构建的回归模型来检验其收敛性并确保收敛的稳定性,对于回归模

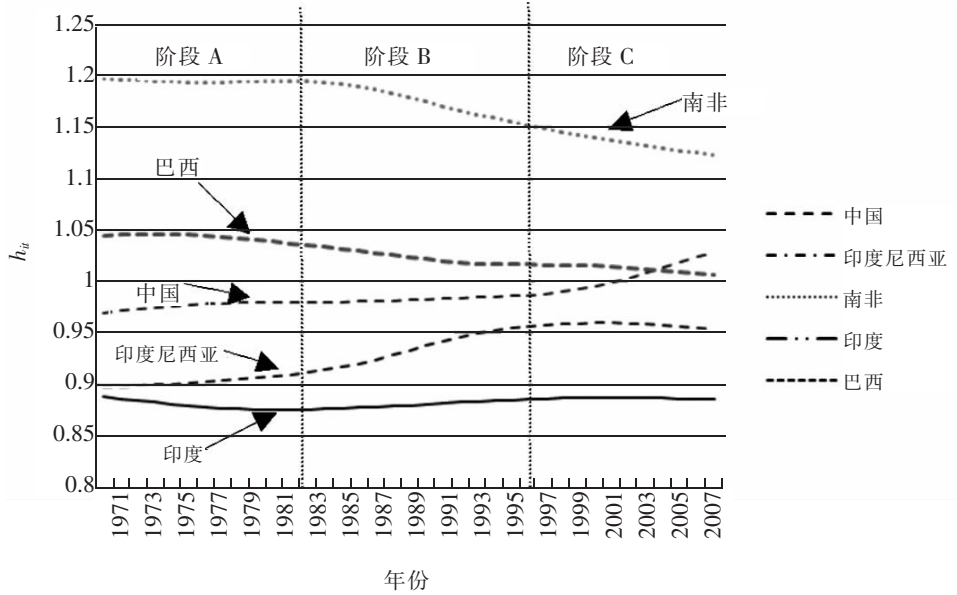


图4 5个发展中国家人均能源消费轨迹图

型的结果我们将关注与回归变量  $\log t$  的系数  $\gamma$  的值,如果  $\gamma > 0$ ,就接受其收敛的原假设并且认为收敛是具有稳定性的,反之,若  $\gamma < 0$  则拒绝收敛的原假设,认为其不具有收敛性。

同样将数据分成三组建立了三个回归模型,如下分别表示 A、B、C 三组

$$\ln(H_t/H_1) - 2\ln(\ln t) = a_1 + \gamma_1 \ln t + \mu_{1t}, t = 12, \dots, 37;$$

$$\ln(H_t/H_1) - 2\ln(\ln t) = a_2 + \gamma_2 \ln t + \mu_{2t}, t = 12, \dots, 37;$$

$$\ln(H_t/H_1) - 2\ln(\ln t) = a_3 + \gamma_3 \ln t + \mu_{3t}, t = 12, \dots, 37;$$

在建模过程中采用了以自然指数为底( $\ln$ )的对数形式,初始的时间点  $t=12$ ,其中第一年方差  $H_1$  的值为  $H_1=0.013\ 016$ ,对系数的显著性检验的置信水平定为 99%。模型系数的结果如表 1 所示。

表 1 收敛性检验结果

分组	年份	$\gamma$	$t$ -统计量	SE( $\gamma$ )
Group A	1971—2007	-0.217 210	-30.862 230	0.007 038
Group B	1971—2007	0.001 596	0.036 741	0.043 447
Group C	1971—2007	0.093 729	3.752 814	0.024 976

表 1 可以得到这些信息:(1)对于第 1 组,即全部的 32 个国家的人均能源消费不存在收敛特征,其系数  $\gamma_1 < 0$ ,表明在包含发达国家和发展中国家的能源消费水平在有限的数据集中不具有趋同性,不会收敛到一个相同的水平;(2)对于第 2 组的 27 个发达国家而言,虽然其系数  $\gamma_2 > 0$ ,具有收敛性,但是系数的  $t$  检验却是不能通过,并且其标准误差警告我们并不能确保  $\gamma_2 > 0$ ,然而将这 27 个国家减少到 26 个国家,即除掉其中的冰岛后得到的系数的点估计值  $\gamma=0.248\ 741$ ,并且是显著和稳定的 ( $t$ -stat=9.677 237,SE( $\gamma$ )=0.025 704);(3)对于第三组的 5 个国家而言, $\gamma_3 > 0$  表明这 5 个国家的人均能源消费是具有收敛性的,不过其数值较小则进一步表明这 5 个国家人均能耗收敛的速度较为缓慢,同时对系数的单侧  $t$  检验则说明在 99%的置信水平下  $\gamma$  的值是可靠的,最后从标准误差 SE( $\gamma_3$ )=0.024 976 上能够确保  $\gamma$  是一个正值。

## 五、结论

通过运用的 Phillips & Sul(2007)提出的判断收敛性的方法,结合从国际能源署的 32 个国家的人均能源消费数据,考察不同发展水平的国家是否存在集体的收敛性得出如下结论:

总体 32 国的人均能源消费不具有收敛性;在 OECD 27 国中,剔除冰岛后的 26 个发达国家的人均能源消费具备收敛特征;金砖 5 国人均能源消费也具有收敛性,但收敛速度缓慢,明显慢于上述 26 个发达国家。收敛性的分析结果表明,发达国家和发展中国家之间人均能耗演变呈现分异特征,而发达国家彼此之间以及发展中国家相互之间节能政策合作的潜力较大,人均能耗具有相似的演变特征。

本文的出发点是通过探讨这些国家的人均能源消费的收敛性问题,在全球范围内寻找合作伙

伴,共同采取对策解决面临的能源问题,根据上面的收敛性检验结论形成这些建议。首先是发达国家形成共同的经济组织,这些国家已经形成OCED,在能源领域加强各个国家之间的合作关系,协调好国家地区之间能源消费的差异性和不平衡性;其次是针对5个新兴的发展中国家,经济增长对能源的需求还非常旺盛,作为没有能源消费先发优势的国家

面临着高价的能源时可以尝试在能源领域建立合作关系,发挥各自的优势来克服能源需求对经济增长的瓶颈。这意味着,在全球能源约束尤其是全球气候变化约束下,发达国家与发展中国家在节能政策达成一致的难度较大,相对而言,发达国家、发展中国家两大阵容各自内部在节能政策选择方面形成共识的可能性较大。

#### 参考文献:

- [1] Bowden N, Payne J E. The causal relationship between US energy consumption and real output: a disaggregated analysis[J]. *Journal of Policy Modeling*, 2009(31):180-188.
- [2] Narayan P K, Smyth R. Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel cointegration with structural breaks[J]. *Energy Economics*, 2008(30):2331-2341.
- [3] Apergis N, Payne J E. Energy consumption and economic growth: evidence from the commonwealth of independent states[J]. *Energy Economics*, 2009(31):641-647.
- [4] Lee C C, Chang C P. The impact of energy consumption on economic growth: evidence from linear and nonlinear models in Taiwan[J]. *Energy*, 2007(12):2282-2294.
- [5] Phillips P C B, Sul D. Transition modeling and econometric convergence tests[J]. *Econometrica*, 2007(75):1771-1855.
- [6] Phillips P C B, Sul D. Economic transition and growth[J]. *Journal of Applied Econometrics*, 2009(24):1153-1185.
- [7] Panopoulou E, Pantelidis T. Club convergence in carbon dioxide emissions[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2009(44):47-70.
- [8] 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.
- [9] 吴巧生, 成金华. 能源约束与中国工业化发展研究[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [10] 齐绍洲, 罗威. 中国地区经济增长与能源消费强度差异分析[J]. *经济研究*, 2007(7):74-81.
- [11] 齐绍洲, 云波, 李锴. 中国经济增长与能源消费强度差异的收敛性及机理分析[J]. *经济研究*, 2009, (4):56-64.
- [12] 林伯强. 节能减排: 能源经济学理论和政策实践[J]. *国际石油经济*, 2008(7):23-27, 31, 91.
- [13] 廖华, 魏一鸣. 世界能源消费的差异性与不平衡性及其变化研究[J]. *中国软科学*, 2010(10):6-14.

## Analysis of Global Energy Consumption Convergence

### —Based on the Method of Phillips & Sul

WU Qiaosheng, WANG Jinwei

(School of Economy & Management, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, China)

**Abstract:** By adopting 27 countries of OECD (developed countries) and 5 countries of BRICS (rapidly developing countries) as the sample, this study applied the method put forward by Phillips & Sul (2007) in analyzing the convergence of per capita energy consumption. The result of empirical research shows that the convergence is nonexistent overall. With the exception of Iceland, the energy consumption per capita of the other 26 developed countries converges, while another energy consumption per capita of 5 developing countries converges with a slow speed, which is obviously slower than that of developed countries. The analysis of convergence shows that the evolution of per capita energy consumption between developed and developing countries evinces the characteristics of differentiation, while the evolution of per capita consumption among developed countries as well as developing countries is similar, which indicates great potential for energy-saving policy cooperation between developed and developing countries. This means that with the constraints of global energy and global climate change, the developed and developing countries have lots of difficulties in reaching agreement in energy-saving policy, while in contrast, the consensus of energy-saving policy among developed countries or developing countries will be more easily achieved.

**Key words:** energy consumption; convergence; OECD countries; BRICS

[责任编辑:孟青]