

Research on LMDI Decomposition of Carbon Emissions from OBOR Countries

Yu Guo, Changhong Zhao, Jiahai Yuan, Mengya Wu

College of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing
Email: 17600078711@163.com

Received: Dec. 28th, 2017; accepted: Jan. 10th, 2018; published: Jan. 17th, 2018

Abstract

In the process of implementing the “OBOR” strategy, both to lead the countries to fulfill the commitment to reduce emissions and achieve its green sustainable development, the “OBOR” strategy getting the world recognition and success is of great significance. Based on LMDI, the contribution of carbon emission is decomposed into four categories: population, per capita GDP, energy carbon intensity and energy intensity. It is found that the four factors have different effects on different countries, but there is also a certain degree of territoriality. The first two contributions to carbon emissions are roughly a process of positive to negative. The latter two are the opposite, and energy carbon intensity and energy intensity have increasingly become important factors in OBOR’s emission reduction. Therefore, countries and regions in the development of low-carbon development policies should base on their own situation, learn from other countries’ experience, as far as possible with the neighboring countries and regions in the climate field synergies, and then establish a new path to the development of global climate change.

Keywords

OBOR, Carbon Emission, LMDI

一带一路沿线国家碳排放的LMDI分解研究

郭宇, 赵长红, 袁家海, 吴梦雅

华北电力大学经济与管理学院, 北京
Email: 17600078711@163.com

收稿日期: 2017年12月28日; 录用日期: 2018年1月10日; 发布日期: 2018年1月17日

摘要

“一带一路”战略有利于带路国家履行减排承诺, 还能帮助其实现绿色可持续发展, 这对“一带一路”

战略得到世界认同并取得成功具有重要意义。本文基于对数平均迪式分解法(LMDI)将碳排放贡献因素分解为：人口、人均GDP、能源碳强度和能源强度，发现四项因素对不同国家的影响具有差异性，同时存在一定的地域综合性；人口和人均GDP对碳排放的贡献大致是一个由正转负的过程，后两项则相反，且能源碳强度和能源强度越来越成为“一带一路”沿线国家减排的重要考量因素。因此，沿线各国地区在制定低碳发展政策时，要立足自身情况，积极借鉴其他国家经验，尽可能与周边国家地区在气候领域范围内协同共进，进而建立起适应全球气候变化的发展新路径。

关键词

一带一路，碳排放，LMDI

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“一带一路”倡议是促进全球共同发展、实现共同繁荣的合作共赢之路，现代社会的生产生活与能源关系密切，能源发展作为“一带一路”倡议的重要基础受到各国关注，因此由能源消耗引发的气候环境变化问题成为各方讨论的焦点。各国在华沙气候变化大会上提出了国家自主贡献(International Nutrition and Diagnostics Conference, 简称 INDC)，其中二氧化碳减排承诺是核心，各国提案中设定的具体目标值在相当程度上会对今后“一带一路”倡议的实施起到参考与规范作用。碳排放的影响因素众多，且各国因国情不同，各类因素对碳排放的贡献大小也不相同，因此进行带路国家碳排放因素分解研究对各国实现碳减排意义重大。LMDI 作为一种因素分解方法，在碳排放变化影响因素分解研究领域得到广泛应用：刘源等[1]基于 LMDI 分解方法，对厦门市碳排放强度影响因素进行分析发现第二产业对碳排放强度下降贡献最大，其次是第一产业，最后是家庭消费；顾阿伦等[2]分析中国产业结构变动对碳排放的影响得出经济总量是促进 CO₂ 排放增加的因素，能源强度在各个时期均是促进碳减排的因素，而能源强度促进碳减排作用越来越小；郭朝先[3]对 1995~2007 年中国碳排放进行了产业层面和地区层面的因素分析，发现经济规模总量扩张是中国碳排放高速增长的主要原因，能源利用效率的提高是抑制碳排放增长最主要的因素；梁大鹏等[4]利用 LMDI 方法探究了 1992~2012 年影响金砖五国 CO₂ 排放成本的主要因素，发现单位 CO₂ 排放成本上升对提高五国 CO₂ 排放成本影响显著，能源强度下降有助于降低俄罗斯、南非、中国、印度 CO₂ 排放成本；人均 GDP 增长对提高巴西、俄罗斯、中国、印度 CO₂ 排放成本的作用较南非更显著。总体而言，上述论文成果都将个体国家或区域作为对象进行碳排放分解研究，缺乏对“一带一路”国家的整体分析，本文将创新性的从带路国家层面展开碳排放分解探讨。

本文首先分解带路沿线国家历史碳排放，将影响碳排放的主要四项因素详尽分解出来并加以归纳，后分区考虑四项因素的地域特征，最后以典型国家(印度、俄罗斯)为例，结合其对应的自主承诺，预测出未来发展中导致碳排放的各因素贡献比例，探究其数值变化的可能原因，为研究其他带路国家实现低碳排放提供借鉴。

2. LMDI 模型分解因素对带路国家二氧化碳的影响

2.1. 人口

“一带一路”沿线国家(不包含中国)人口占世界总人口的 46.3%，1990~2013 年人口自然增长率经

历了 20 世纪 90 年代的短暂波动之后缓降, 但人口数量仍然不断增长(见图 1), 截止 2013 年, 带路国家总人口数量已达 45.76 亿人[5]。人口增加意味着对能源、生活必需品等需求的不断增大, 而一次能源消费中化石能源占绝大部分, 促进了二氧化碳的排放; 由庞大的人口数量带来日益频繁的人类活动加重了对林地的破坏程度, 客观上加大了二氧化碳的排放力度。因此, 人口总数对二氧化碳排放量有重要影响。

2.2. 人均 GDP

目前, “一带一路”沿线国家大部分处于工业化前期, 部分迈入中期行列, 经济的增长使得能源、原材料、交通运输的需求压力增大, 在今后相当长的一段时间内, 高耗能行业仍是这些国家的基础产业[6]。

从发达国家碳排历程可以看出, 工业化国家经济与碳排呈倒 U 型曲线关系。当一个国家处于倒 U 型曲线左侧的爬升阶段时, 经济增长不可避免的带来二氧化碳排放的增多, 此时该国处于经济增长与二氧化碳排放增加的两难困境中; 当该国家处于倒 U 型曲线右侧的下降阶段时, 即走出困境。下图(见图 2)为中国和新加坡 1980~2014 年人均二氧化碳排放量与人均 GDP 的关系图, 可以看出, 新加坡已经处于倒 U 型曲线的右侧, 而中国即将步入。

2.3. 能源强度

能源强度即单位 GDP 所消耗的一次能源量, 是衡量一个国家或地区能源使用效率的重要指标之一, 反映出经济对能源的依赖程度, 体现了一个国家(地区)经济发展过程中所付出的资源环境代价。

带路国家大多属于发展中国家, 对能源的需求量较大, 经济的持续发展和能源的稀缺性使得提高能源使用效率、降低单位产值的能源消耗成为沿线国家亟待解决的关键问题。沿线国家能源强度除中国等个别国家以外这三十多年间无显著变化(见图 3), 因此突出能源强度在碳减排中的重要地位、重视能源强度的减排价值, 对改善全球气候环境来说是关键的。

2.4. 能源碳强度

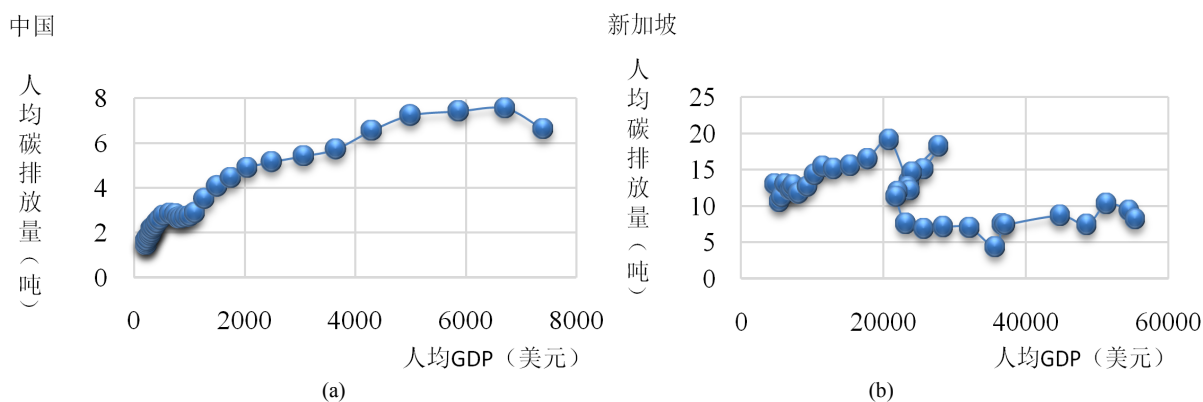
能源碳强度是指单位一次能源消费产生的二氧化碳排放量。由于煤炭、天然气、石油三种化石能源的二氧化碳排放系数不同, 因此, 能源结构碳强度是衡量一次能源消费结构的清洁程度(或优化程度)的重要指标。将其列入碳排放贡献因素之一对于研究碳排放总量具有重要意义。



(数据来源: IEA 2016)

Figure 1. 1990~2013 population growth chart of OBOR countries

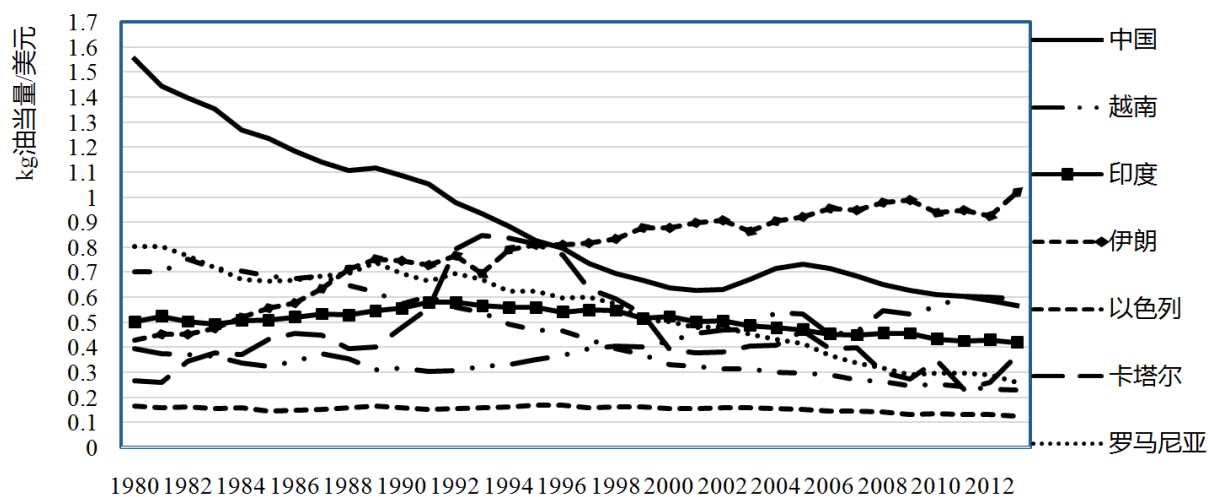
图 1. 带路国家 1990~2013 年人口增长图



(数据来源: IEA 2016)

Figure 2. The relationship between per capita carbon emissions in China (a) and Singapore (b) and per capita GDP

图 2. 中国(a)和新加坡(b)人均碳排放量与人均 GDP 的关系趋势图



(数据来源: IEA 2016)

Figure 3. 1980~2013 changes in energy intensity in some OBOR countries

图 3. 1980~2013 年部分“带路国家”能源强度变化图

3. 模型说明与设定

3.1. 模型介绍与优点

在碳排放因素分解研究领域,对数平均迪式指数分解法即 LMDI 能够消除不能解释的残差项,还能够处理数据中的 0 值问题,具有计算过程简单、所得分解结果直观和使模型结果具有较强说服力等特点 [7],从而得到广泛应用。

3.2. 模型分解过程及原理

运用 LMDI 模型对数据进行处理,将不同国家、阶段的 CO₂ 排放分解成能源碳强度、能源强度、人均 GDP、人口四个因素,并计算各因素对 CO₂ 排放量增减的具体值,然后对计算结果进行对比分析,找出影响各国地区各阶段 CO₂ 排放量的主要因素以及各因素在不同阶段起到的不同作用。

LMDI 的加法公式表达如下:

$$\Delta C = C_t - C_o = \Delta C_{\text{POP}} + \Delta C_{\text{GDP-PC}} + \Delta C_{e\text{-int}} + \Delta C_{c\text{-int}} \quad (1)$$

其中 C_t 和 C_0 分别为第 t 期和基期的能源消费碳排放量, ΔC_{POP} 表示人口变化引起的 CO_2 排放增量, 称为人口规模效应; $\Delta C_{\text{GDP-PC}}$ 表示人均 GDP 变化引起的 CO_2 排放增量, 称为经济规模效应; $\Delta C_{e\text{-int}}$ 表示为能源强度变化引起的 CO_2 排放增量, 称为能源强度效应; $\Delta C_{c\text{-int}}$ 表示一次能源消费碳强度变化引起的 CO_2 排放增量, 称为能源碳强度效应。各分解参数公式见表 1。

其中 $g = \frac{\text{GDP}_{\text{PPP}}}{\text{POP}}$, $e = \frac{\text{TPEC}}{\text{GDP}_{\text{PPP}}}$, $C = \frac{\text{CO}_2}{\text{TPEC}}$ (TPEC 表示一次能源消费量, CO_2 表示二氧化碳排放量, POP 表示人口总量, GDP 表示国民生产总值)。

4. 总体测算结果及分析

4.1. 总体分解结果

将 1980~2013 年划分三个阶段: 1980~1990, 1990~2000, 2000~2013, 三个阶段带路国家能源消费碳排放各因素贡献率见图 4。

4.2. 总体分解结果分析

第一阶段(1980~1990 年) (见图 4), 除匈牙利以外巴基斯坦、菲律宾、科威特、波兰、罗马尼亚和卡塔尔等大多数国家中, 人口规模效应是促进二氧化碳排放的主要因素之一, 人口规模效应对菲律宾的二氧化碳排放贡献率甚至达到了 54.2%, 在马来西亚和巴基斯坦也均接近 40%, 只有日本和韩国在 10% 以下, 分别为 7.6% 和 9.2%; 除沙特、阿联酋、科威特和卡塔尔等国家地区的经济规模效应对抑制二氧化碳排放效果显著以外, 大部分其他带路国家的经济规模效应促进了二氧化碳的排放, 如韩国、印尼和泰国等地均超过 50%; 能源强度效应除在东北亚及中东欧大部分地区起到一定程度抑制碳排放作用以外, 在其他大多数国家中均促进二氧化碳排放, 甚至是其主要碳排放贡献因素, 如在孟加拉国、阿联酋和伊朗等地分别达到 40.73%, 41.06% 和 46.55%; 能源碳强度效应不论正负, 对多数国家二氧化碳排放的贡献率相对较小, 但匈牙利和阿尔巴尼亚能源碳强度效应表现出抑制二氧化碳排放的贡献率占比超过一半, 分别为 -51.54% 和 -51.19%。

第二阶段(1990~2000 年) (见图 5), 虽比较上一阶段大部分国家人口规模效应均有所降低, 但降幅不大, 如中国、印尼、印度和伊朗降幅分别为 4.95%、5.92%、2.51% 和 5.2%, 所以人口规模效应仍是促进大多数带路国家二氧化碳排放的主要因素之一。少数国家人口规模效应较上一阶段贡献率大增, 如沙特和阿联酋, 增幅分别达 27.89% 和 54.53%, 但在中东欧地区人口规模效应对二氧化碳排放已经表现出抑制作用, 但减排效果并不明显, 如罗马尼亚、立陶宛、乌克兰和阿尔巴尼亚分别为 -5.25%、-4.84%、-4.73% 及 -6.07%; 经济规模效应总体来看较上一阶段有所上升, 尤其在菲律宾、沙特、伊朗、波兰及阿尔巴尼

Table 1. The decomposition parameters of LMDI

表 1. LMDI 的分解参数

	变量	LMDI 公式
人口	POP	$\Delta C_{\text{POP}} = \frac{C^t - C^0}{\text{Ln}C^t - \text{Ln}C^0} \text{Ln} \left(\frac{P^t}{P^0} \right)$
人均 GDP	GDP-PC	$\Delta C_{\text{GDP-PC}} = \frac{C^t - C^0}{\text{Ln}C^t - \text{Ln}C^0} \text{Ln} \left(\frac{g^t}{g^0} \right)$
能源强度	$e\text{-int}$	$\Delta C_{e\text{-int}} = \frac{C^t - C^0}{\text{Ln}C^t - \text{Ln}C^0} \text{Ln} \left(\frac{e^t}{e^0} \right)$
一次能源消费碳强度	$c\text{-int}$	$\Delta C_{c\text{-int}} = \frac{C^t - C^0}{\text{Ln}C^t - \text{Ln}C^0} \text{Ln} \left(\frac{c^t}{c^0} \right)$

亚等地上升幅度明显,从负效应转变为正效应,其他一些国家如印尼、新加坡和巴基斯坦经济规模效应略有下降,降幅分别为:17.77%、12.63%和10.39%;能源强度效应对中国、波兰、匈牙利和阿尔巴尼亚等国家减排贡献率较上一阶段更为显著,减排力度分别增加了:8.39%、3.65%、42.02%及47.92%,新加坡、印度和卡塔尔由上一阶段的正效应转变为负效应,而一些国家如日本、印尼、泰国和科威特等能源强度效应对二氧化碳的排放贡献大幅增加,分别增加了58.1%、25.75%、19.94%和26.19%,在一部分国家地区如孟加拉国、沙特和伊朗等地其能源强度效应虽仍促进二氧化碳排放,但相比第一阶段还是有所降低;能源碳强度效应的变化展现出多变性,如中国、印尼和土耳其等地,分别由-5.6%、-2.1%和-8.83%变为0.95%、0.04%以及2.56%,虽然涨幅不大,但却经历了由负到正的质变,国家要积极采取措施遏制其继续正效应的发展;而像韩国、越南和孟加拉国等地其减排作用虽较上一阶段有所减弱,但仍处于负效应状态,像印度、巴基斯坦和阿联酋等地,虽仍处于正效应但比起上一阶段却有所减弱,降幅分别为3.99%、7.06%及2.24%,特别的,马来西亚及罗马尼亚已经实现了由正到负的转变。

与前两个阶段相比,2000~2013阶段(见图6),各国的经济规模效应对二氧化碳排放的贡献率普遍增加,如中国、菲律宾、泰国等地,增幅达25.89%、29.63%和15.14%,而像乌克兰、罗马尼亚、哈萨克斯坦等地区更是由上一阶段的负效应猛增至正效应,这是带路国家经济发展速度加快、能源结构不合理等因素造成的;以韩国为例,其经济规模效应是碳排放量的最大促进因素,达59.9%,因此,今后要采取措施使相关工业部门采用更有效的技术改善经济增长,通过投资来开发其他可再生能源及核电,从而减

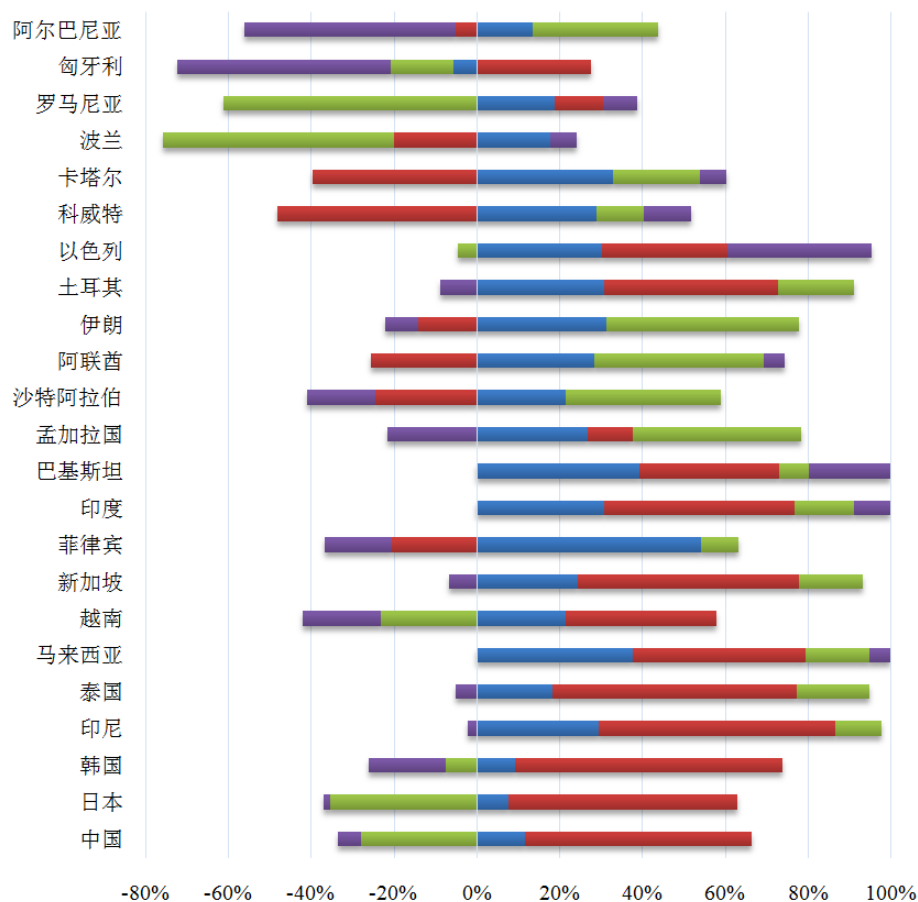


Figure 4. 1980~1990 OBOR countries carbon emissions LMDI decomposition of the contribution rate of each factor

图4. 1980~1990带路国家碳排放LMDI分解因素贡献率

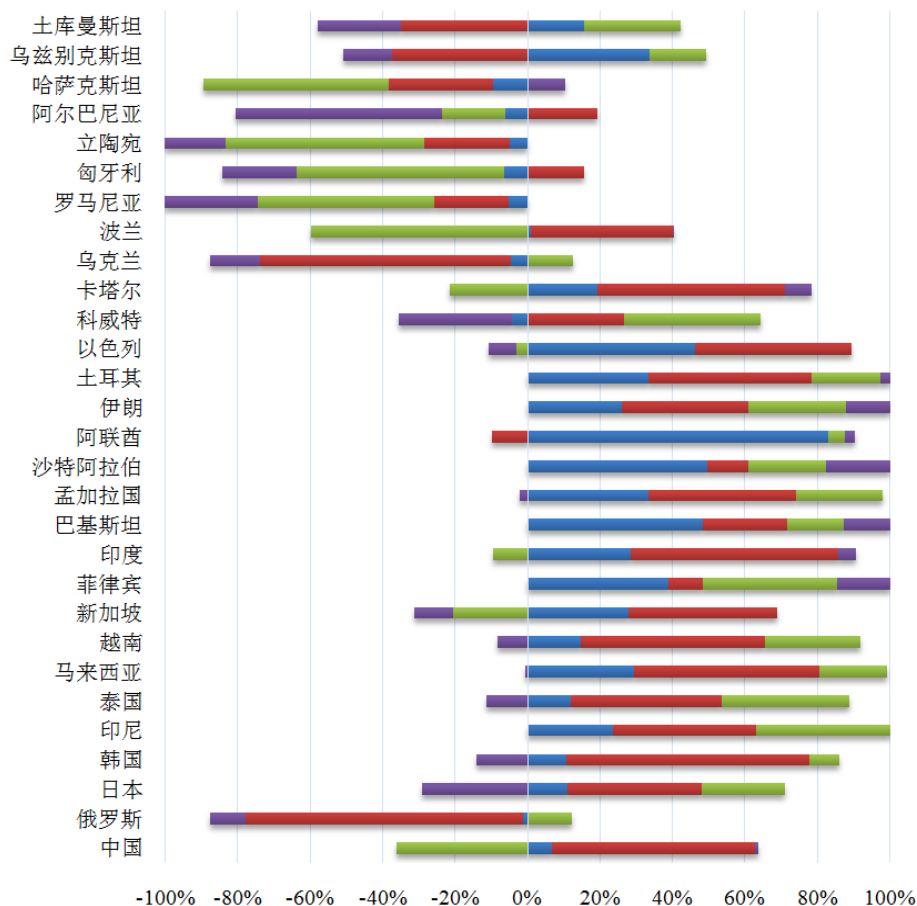


Figure 5. 1990~2000 OBOR countries carbon emissions LMDI decomposition of the contribution rate of each factor

图 5. 1990~2000 带路国家碳排放 LMDI 分解因素贡献率

少对化石燃料进口的依赖[8]。人口规模效应与上一阶段相比贡献率有不同程度的下降，除俄罗斯、乌克兰、罗马尼亚和立陶宛等地的人口规模效应对二氧化碳的排放的负效应应进一步加强外，其对大多数国家二氧化碳排放仍起促进作用，预计带路国家中的发展中国家人口规模对二氧化碳的排放效应会进一步减小；中东欧一些发达国家随着人口老龄化速度加快和数量的逐年减少，使得这些国家近几年不断出台鼓励人口生育政策，预计在将来其人口规模效应对碳排放的贡献率不会大幅度下降，甚至有一定比例的上升，例如一些国家近几年出现的人口下滑拐点，如俄罗斯、波兰等；能源强度效应主要表现为抑制二氧化碳排放，如日本、俄罗斯、韩国和菲律宾等国能源强度已经成为抑制碳排放的主要因素，更是从上一阶段的正效应转变为负效应，其抑制程度分别增加了 65.8%、52.76%、29.78%和 73.35%。但能源碳强度效应却因国而异，以日本为例，其第三阶段的能源强度对二氧化碳的减排效果非常显著，但相比于其他国家其能源碳强度效应对二氧化碳的减排效果并不是很大。因此，日本今后要出台相关政策来鼓励国内行业使用新能源，通过税收及配额等措施来达到影响国内主要工业部门利用可再生能源的目的；能源碳强度效应在阿尔巴尼亚、巴基斯坦和匈牙利等国对二氧化碳排放起主要抑制作用，分别为-35.4%、-20%和-20%，日本和孟加拉国等国起积极作用，分别为 34.6%及 24.8%。以新加坡为例，能源碳强度对新加坡的二氧化碳减排效果显著，达到-44.7%，这与新加坡长期依靠天然气等清洁能源发电有关，但可再生能源的渗透潜力毕竟有限[9]，那么在能源利用上将能效的提升作为重点，对一个国家长期可持续发展至关重要。

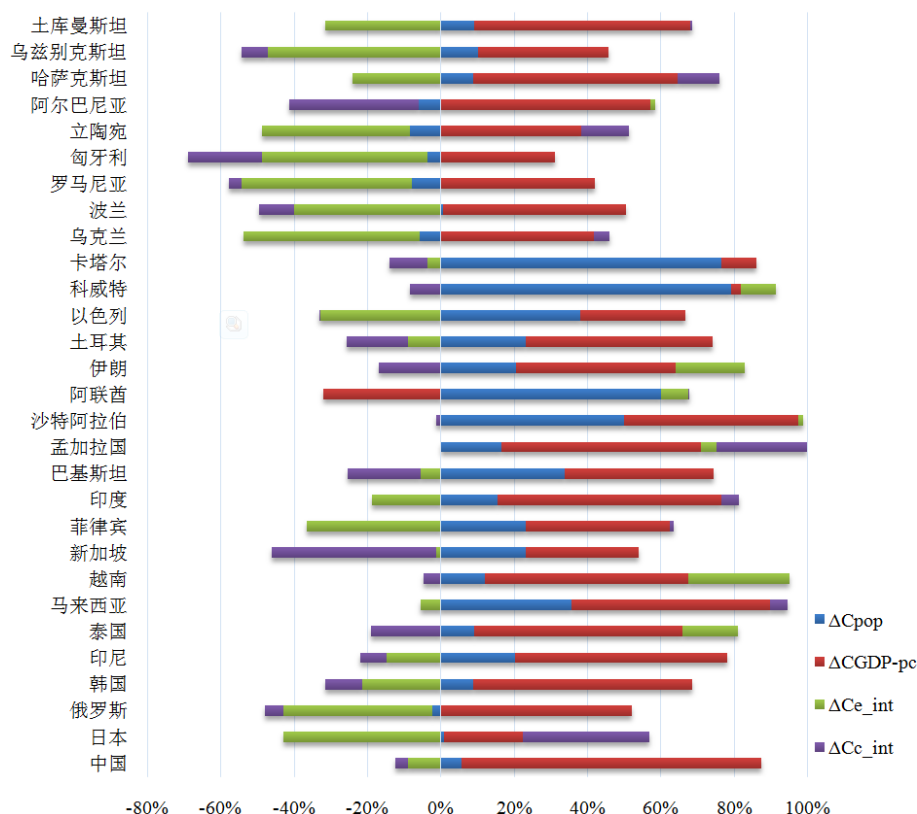


Figure 6. 2000~2013 OBOR countries carbon emissions LMDI decomposition of the contribution rate of each factor

图 6. 2000~2013 带路国家碳排放 LMDI 分解因素贡献率

5. 区域碳排放测算及分析

在东亚地区，选取中国、日本和韩国三个数据翔实的典型国家作为分析样本(见图 7(a))。东亚作为和欧盟、北美并列当今世界最发达的三大区域之一[10]，经济效应对碳排放总量影响最大；能源强度效应对东亚地区碳排放总量的抑制作用最为明显，东亚地区由于经济总量的提升，大力带动科技的进步，使得能源利用效率的不断提高，从而能源强度效应对碳排放总量的抑制作用愈加明显。预计未来东亚带路国家的经济与人口规模效应对二氧化碳的排量会持续下降，能源强度与能源碳强度对二氧化碳的抑制作用会越来越显著。

东南亚国家以发展中国家为主，处于经济增长和经济结构调整阶段，快速增长的经济与急剧膨胀的人口对能源供应带来巨大的压力(见图 7(b))。东南亚地区的经济增长是一种粗放式的增长[11]，这就意味着未来的一些年内，东南亚地区人口和经济规模效应仍是促进碳排放增长的主要因素。能源强度效应对东南亚地区碳排放的贡献占比相对较小，虽然能源碳强度效应对二氧化碳的排放贡献率微乎其微，但它表现为抑制二氧化碳的排放，这也与该地区的能源结构有关，东南亚各国主要以石油等不可再生能源为动力原料，而很少利用其他化石能源，除新加坡能源匮乏之外，其他国都拥有主要的代用能源，印度尼西亚、菲律宾和泰国拥有丰富的水力资源，印度尼西亚、马来西亚和泰国发现了巨大储量的天然气[12]，因此东南亚地区的可再生能源开发潜力是巨大的。通过以上分析，东南亚带路国家应尽快完善能源定价机制，以刺激工业、商业和住宅等部门的能源效率提升，相关决策者在制定能源政策时需要更多关注节能环保，鼓励能源的高效利用，减少不可再生能源强度；针对东南亚地区的产业结构，政府要在创新型

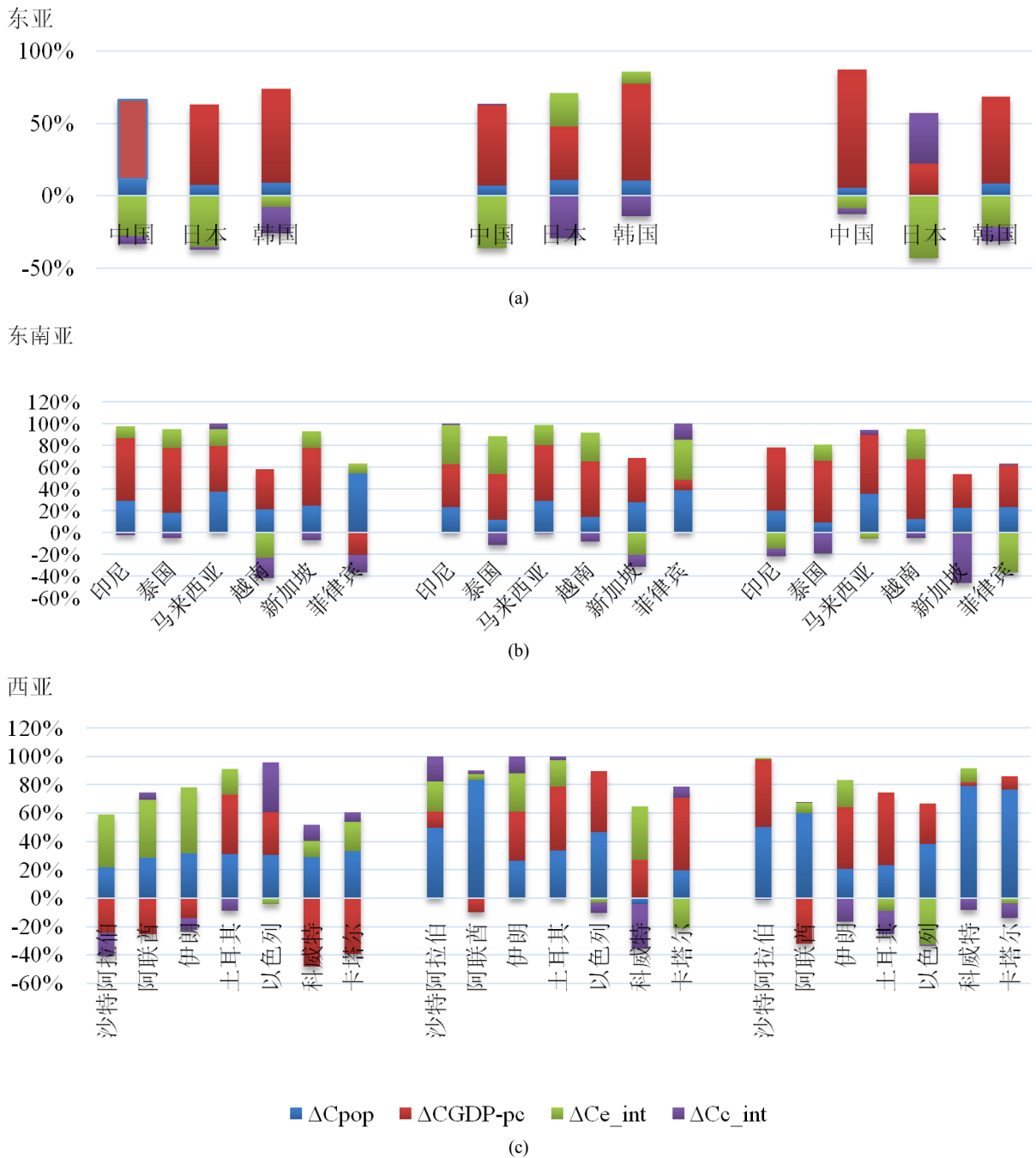


Figure 7. East Asia (a), Southeast Asia (b) and West Asia (c) three-stage carbon emissions LMDI decomposition
图 7. 东亚(a)、东南亚(b)和西亚(c)地区三阶段碳排放 LMDI 分解

和服务性行业领域加大投资，减少环境污染[13]。

西亚地区，影响碳排放总量各因素表现出很大的复杂性和波动性，其主要是西亚北非受地缘政治、能源利用、地理方位、宗教等因素影响。但其趋同点是人口规模效应对西亚带路国家的二氧化碳排放贡献突出(见图 7(c))。自上世纪以来，西亚国家大力开发石油，需要大量劳动力，石油的开采促进经济的蓬勃增长，从而吸引大量外来人口迁入，西亚由此作为全球版图中的人口迁入区，其人口效应对于碳排放总量的贡献率一直保持有一定的比例。因此建议西亚带路国家尽快实现能源转型，重视该地区蕴藏丰富

的地热能源,并将其加以开发利用,这将会在很大程度上缓解二氧化碳的排放量。特别是沙特阿拉伯,红海裂谷的持续活跃带来的地热能源足够支撑其不断增长的电力与淡水的需求[14],加速能源转型对地热能进行高效利用,将来可能成为整个地区的技术示范和低碳代表国家,为绿色“一带一路”做出积极贡献。

6. 结合 INDC 的典型国家分析

6.1. 印度

印度 INDC 设定:到 2030 年印度碳排放总量约 37.91 亿吨,较 2014 年增加 17.89 亿吨。根据印度 INDC 目标预测(见图 8(a)) 2014~2030 年 CO₂ 增量在 LMDI 分解下各因素的贡献率。比较两个阶段,人口对 CO₂ 排放增量的贡献减少,从 2000~2013 阶段的 28.45%降低到 2014~2020 阶段的 21.85%;相反,人均 GDP 对 CO₂ 排放增量的贡献则有大幅度的提升,由 2000~2013 阶段的 104.03%上升至 2014~2030 年阶段的 132.65%;能源强度对 CO₂ 排放增量的抑制作用加强,其贡献度从第一阶段的-49.74%到第二阶段的-69.76%;2014~2030 年这一阶段能源消费碳强度效应对 CO₂ 排放增量表现出与上一阶段完全不同的效应,由促进 CO₂ 排放转变为抑制 CO₂ 排放,贡献率从上一阶段的 17.25%转为第二阶段的 15.26%。

预计未来印度人口和经济增长会导致二氧化碳排放大量增加,但对于印度这样一个化石能源消费大国,今后应提升可再生能源和核能等清洁能源的市场消费份额来改善其能源利用结构,鼓励可再生类天然气替代化石类天然气[15];实现 INDC 减排目标,必须提高能效、优化能源结构,通过降低能源强度和一次能源碳强度效应来抵消一部分人口、经济增长带来的排放压力。

对印度碳排放分解的研究国外一些学者专家做过相关方面的工作:Shuang Dai [16]等用 LMDI 方法分解印度 1995~2014 年二氧化碳,发现人口效应与经济效应在这一时期均促进二氧化碳的排放,能源强度效应在这一阶段总共有 13 年对二氧化碳的减少起到积极影响,而这一因素也是抑制印度碳排放总量的主要因素;我们也得出在 1990~2000 年和 2001~2013 年这两个阶段,其人口效应、人均 GDP 以及能源碳强度对二氧化碳的贡献率均为正,而能源强度效应是这两阶段唯一的负效应,分别为:-9.48%和-18.7%,二者结论相一致。

6.2. 俄罗斯

俄罗斯的 INDC 承诺到 2030 年温室气体排放比 1990 年(21.63 亿吨)下降 25%~30%。从预测结果上看(见图 8(b)),俄罗斯人口规模效应对二氧化碳贡献的变化由负转正。人口问题近年来一直是困扰俄罗斯的

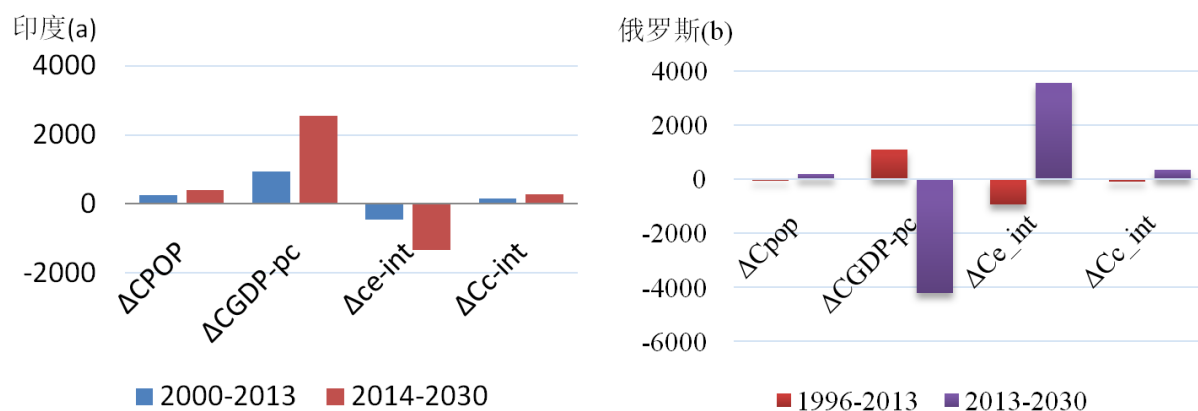


Figure 8. 2013~2030 India (a) and Russia (b) CO₂ emissions LMDI decomposition and 2000~2013 CO₂ emissions LMDI decomposition comparison

图 8. 2013~2030 年印度(a)与俄罗斯(b)二氧化碳排放量 LMDI 分解与 2000~2013 年二氧化碳排放量 LMDI 分解对比

重大社会问题之一。据乐观估计,2020年俄全国人口可达1.5亿,2030年可达1.6亿[17]。因此,人口因素对碳排放的贡献由于人口的增加,其增长变化是比较突出的。

俄罗斯人均GDP对二氧化碳贡献的变化降幅较大。根据IMF数据及预测,以人均购买力平价方法来看,2016年俄罗斯在189个国家排名中降至第52位,2017年俄将位列第53名。经济疲软下滑原因很大程度上在于俄出口主要为简单商品,而发达国家的出口通常集中在“复杂的”商品、服务和技术上;其次,高素质人才外流也是一个不可忽视的因素。据政府预测,俄经济增长将萎靡20年,可以称之为停滞——在最好的情况下GDP年增幅约为2%[18]。

俄罗斯能源强度对碳排放的贡献增长幅度很大。2000~2013年俄罗斯能源消费总量由620.3百万吨油当量增长到688百万吨油当量,预计2030年增长到714百万吨油当量。能源消费量增长不多,但是由于经济增长缓慢,使得GDP单位能耗上升明显。

而能源碳强度与能源强度有相同的趋势。虽然预计到2030年俄罗斯一次能源消费量的增量不是很大,但其一次能源消费结构和一次能源生产结构却有一定的变化。根据俄罗斯《2035能源战略》除了石油和凝析油比重降低以外,其他能源都有计划的增产,削弱了能源结构碳强度和能源强度对二氧化碳排放的抑制作用。

从LMDI结果来看,俄罗斯未来抑制碳排放的各种措施中,需要加强经济结构的调整,要在保障经济良好运行的过程中注意二氧化碳总体排放量;能源强度与能源碳强度的反常变化也应该引起足够重视,尤其是能源强度对碳排放的大幅度贡献,所以要在今后的发展中注意一次能源利用效率问题。对于能源碳强度来说,其对碳排放总量的促进效应不是很大,但也应该提前做好措施,从一次能源消费这方面入手,将能源碳强贡献上升趋势减缓甚至扭转,只有这样才能在未来走入一条健康绿色的低碳之路。

同样,有专家学者对俄罗斯1992~2011年的二氧化碳做过分解研究,Hasan Rüstemoğlu等[19]用拉氏指数(refined Laspeyres index,简称RLI)方法分解俄罗斯1992~2000、2000~2011年二氧化碳各因素贡献值,发现1992~2000年经济效应对二氧化碳有-67.4%的负影响,2000~2011年这一阶经济效应对二氧化碳贡献由负转正;人口效应在这两时期对碳排放总量贡献均为负,分别-4.3%和-2.29%;能源强度在第一时期头五年促进二氧化碳排放,直到20世纪九十年代末期才转为负影响,在第二整体阶段对碳排放贡献为较强的负影响;能源碳强度在这两个时期对二氧化碳的影响均为负,分别-12.8%和-40.9%。可以看出其研究成果与本文利用LMDI方法对俄罗斯1990~2000、2000~2011年二氧化碳总量分解研究结果基本相同,具体数值的误差在于所研究年份区间选取的不一致。

7. 结语

通过前文研究分析,从各国承诺内容可以看出,带路国家将是未来实现全球低碳减排目标的主力。总体来说,根据LMDI模型的分解结果,不同国家不同时期影响碳排放的主要因素——人口规模、经济增长、能源强度和能源碳强度的贡献度存在着差异,但将这些国家碳排放贡献因素总结归类,其大部分遵循着一定的规律;带路国家基本上是发展中国家,碳排放的LMDI分解与发达国家过去发展的规律具有很高的相似性,由此,在今后温室气体的控制上要借鉴发达国家过去相应阶段的发展经验,在学习经验的同时也要结合本国条件,充分利用“一带一路”倡议的机会与资源,将本国的发展与“一带一路”倡议最大程度结合,既能履行国家自主承诺,又实现综合效益最大化。

此外,由于沿线带路国家众多,通过沿线国家分区的碳排放分析看出,国家发展与周边国家有着不可分割的关系,而温室气体的全球性和跨国性决定了一个区域的四项因素贡献度具有一定程度的关联性和相似性,将一个区域的国家紧密联系在一起,这要求国家要立足长远发展,真正与周边国家在应对气候变化领域内实现“共商、共享、共建”。虽然这些国家在某些方面呈现一定程度的相似性但各国的具

体指标水平还是不尽相同,甚至差异巨大,这也使得各国在未来减排措施上不只要结合发达国家经验也一定要立足自身,扬长避短,根据碳排放分解贡献指标及时调整适合本国国情的减排政策,才能实现全球能源绿色转型的远景目标。

基金项目

国家自然科学基金面上项目“低碳电力转型目标决策、路径优化与政策机制协同设计”(批准号:71673085);北京市社科基金一般项目“北京市清洁能源价格形成机制及财税政策研究”(批准号:16YJB027)。

参考文献 (References)

- [1] 刘源,李向阳,林剑艺,崔胜辉,赵胜男. 基于 LMDI 分解的厦门市碳排放强度影响因素分析[J]. 生态学报, 2014, 34(9): 2378-2387.
- [2] 顾阿伦,何崇恺,吕志强. 基于 LMDI 方法分析中国产业结构变动对碳排放的影响[J]. 资源科学, 2016, 38(10): 1861-1870.
- [3] 郭朝先. 中国碳排放因素分解: 基于 LMDI 分解技术[J]. 中国人口、资源与环境, 2010, 20(12): 4-9.
- [4] 梁大鹏,刘天森,李一军. 基于 LMDI 模型的金砖五国二氧化碳排放成本及其影响因素比较研究[J]. 资源科学, 2015, 37(12): 2319-2329.
- [5] 杨言洪,徐天鹏. “一带一路”沿线国家经济社会发展比较分析[J]. 北方民族大学学报(哲学社会科学版), 2016(4): 115-118.
- [6] 张守营. 中国在“一带一路”沿线国家中工业化水平处于上游[N]. 中国经济导报, 2016-03-09(T05).
- [7] Ang, B.W. (2004) Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which Is the Preferred Method? *Energy Policy*, **32**, 1131-1139. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00076-4)
- [8] Saboori, B., Rasoulinezhad, E. and Sung, J. (2017) The Nexus of Oil Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth in China, Japan and South Korea. *Environmental Science and Pollution Research International*, **24**, 7436-7455. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8428-4>
- [9] Cheah, L. and Finenko, A. (2014) Carbon Dioxide Reduction Potential in Singapore's Power Generation Sector. *Energy Procedia*, **61**, 527-532.
- [10] 施锦芳,刘娟. “一带一路”倡议下的东北亚经济合作分析[J]. 日本研究, 2016(4): 53-56.
- [11] 曹云华. 东南亚地区的能源形势[J]. 东南亚纵横, 2000(S1): 94-100.
- [12] 方人. 东南亚国家的能源[J]. 东南亚研究资料, 1981(2): 1-3.
- [13] Ali, W., Abdullah, A. and Azam, M. (2017) The Dynamic Relationship between Structural Change and CO₂ Emissions in Malaysia: A Cointegrating Approach. *Environmental Science and Pollution Research International*, **24**, 12723-12739. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8888-6>
- [14] Chandarasekharam, D., Aref, L. and Al Arifi, N. (2014) CO₂ Mitigation Strategy through Geothermal Energy, Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **38**, 154-163. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.085>
- [15] Solarin, S.A. and Lean, H.H. (2016) Natural Gas Consumption, Income, Urbanization, and CO₂ Emissions in China and India. *Environmental Science and Pollution Research International*, **23**, 18753-18765. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7063-9>
- [16] Dai, S., Zhang, M. and Huang, W. (2016) Decomposing the Decoupling of CO₂ Emission from Economic Growth in BRICS Countries. *Natural Hazards*, **84**, 1055-1073. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2472-0>
- [17] 俄罗斯人口终于增长了[EB/OL]. <http://www.renkou.org.cn/countries/eluosi/2016/6023.html>, 2016-06-23.
- [18] 俄媒: IMF 统计显示俄罗斯人均 GDP 四年缩水近一半[EB/OL]. <http://news.163.com/16/1201/21/C77UOKQO000187V8.html>, 2016-12-01.
- [19] Hasan, R. and Andrés, A.R. (2016) Determinants of CO₂ Emissions in Brazil and Russia between 1992 and 2011: A Decomposition Analysis. *Environmental Science and Policy*, **58**, 95-106. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.012>

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5711，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ccrl@hanspub.org