

引用格式:岳立,宋雅琼,江铃峰.“一带一路”国家能源利用效率评价及其与经济增长脱钩分析[J].资源科学,2019,41(5):834-846. [Yue L, Song Y Q, Jiang L F. National energy efficiency of countries in the “Belt and Road” region and its decoupling from economic growth[J]. Resources Science, 2019, 41(5): 834-846.] DOI: 10.18402/resci.2019.05.02

“一带一路”国家能源利用效率评价及其与经济增长脱钩分析

岳立^{1,2}, 宋雅琼¹, 江铃峰¹

(1. 兰州大学经济学院, 兰州 730000;

2. 兰州大学“一带一路”研究中心, 兰州 730000)

摘要:提高能源利用效率可以降低能耗,促进各国经济持续增长。能源利用效率的提高与经济高质量发展的协调发展,是增进各国人民福祉的本质要求。本文运用方向性距离函数(DDF)和Global Malmquist-Luenberger (GML)指数测算出1995—2015年“一带一路”沿线50个国家的能源利用效率,构建脱钩模型,探讨经济增长与能源消耗及能源利用效率的“脱钩”关系,研究发现:①1995—2015年“一带一路”国家能源利用效率整体均值为0.682,先下降后上升,在2008年达到峰值0.833,然后处于波动下降中;②“一带一路”国家能源利用效率在1995—2015年累计增长17.5%,追赶效率和技术进步贡献率分别为7.2%和10.0%,共同促进能源利用效率提升,除独联体出现负增长外,其他地区能源利用效率均有不同程度的提升;③“一带一路”国家经济增长和能源消耗、能源利用效率的脱钩关系从偏离弱脱钩变为实现弱脱钩,再发展为偏离弱脱钩,有待于继续减少能耗,提升能源利用效率,促进经济增长。因此,今后各国应从追赶效率和技术进步入手,提升能源利用效率,早日实现经济增长与能源消耗的强脱钩、与能源利用效率的弱脱钩或者扩张性负脱钩关系。

关键词:“一带一路”国家;能源利用效率;方向性距离函数;Global Malmquist-Luenberger(GML)指数;脱钩理论

DOI: 10.18402/resci.2019.05.02

1 引言

能源为经济发展源源不断地输送物质投入,是经济增长的基础,也是推动社会进步的重要动力。在世界经济遭到多次能源危机和金融危机重创后,能源被各国置于战略高度^[1]。中国目前已成为能源消费的第一大国,能源消费缺口大,能源进口依存度逐年攀升,现已达到16.3%,能源对经济发展的制约作用越发显著。为激发经济增长新活力,中国提出了“一带一路”国家级顶层合作倡议。它是一个综合性、系统性的国际合作与发展模式,全面致力于“一带一路”国家之间的合作共赢,促进经济发

展,实现共同繁荣。“一带一路”沿线国家拥有着非常丰富的能源资源,据《2018年BP世界能源统计年鉴》^[2]统计,仅中东地区目前的天然气探明储量为79.1万亿m³、占全球储量的40.9%,其石油储量也非常可观,占全球总量的47.6%;俄罗斯的石油和天然气储量分别占全球储量的6.3%和18.1%。和“一带一路”国家展开能源合作既可以解决中国能源短缺问题,也可以促进“一带一路”国家实现优势互补,互利双赢。因此,能源合作一经提出受到各国的大力支持,成为“一带一路”倡议的合作重点^[3]。提高能源利用效率,可以降低能耗,突破能源稀缺性的限

收稿日期:2018-05-30,修订日期:2018-12-25

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金项目(17LZUJBWZX011);“一带一路”专项基金项目(18LZUJBWYJ048)。

作者简介:岳立,女,新疆哈密人,教授,博士生导师,主要从事区域人口资源环境与可持续发展、低碳经济研究。E-mail:mgliang@lzu.edu.cn

通讯作者:宋雅琼, E-mail: songyq2016@lzu.edu.cn

2018年5月

制,促进各国经济持续增长,因此,提高能源利用效率对各国具有重要的现实意义。

鉴于能源利用效率的重要地位和作用,许多学者对于影响能源利用效率提高的因素展开了广泛的研究,他们认为影响能源利用效率提高的因素有很多,如要素市场^[4]、能源价格^[5-7]、对外贸易^[8]、对外投资^[9]、产业结构^[10]、技术进步等^[11,12]。能源效率变化与经济增长关系密切,学者们进一步就能源利用效率和经济增长展开了研究。陈夕红等^[13]通过中国30个省份的面板数据发现经济增长质量和能源效率是不完全一致的,主要表现为改善环境质量与提高能源利用效率是一致的,技术进步和产业结构升级可以正向激励能源效率的提高,但出口增加和生活水平的提高阻碍能源效率的改进;叶祥松等^[14]则认为经济增长质量与能源效率变化是一致的,经济结构的变化对能源效率可以起到促进作用,但经济增长效率的提高阻碍能源效率的改善;车亮亮等^[15]利用脱钩模型研究发现中国煤炭消费、煤炭利用效率与经济增长已由绝对挂钩转变为绝对脱钩,并且地区间脱钩程度的差距在不断减小。目前,关于“一带一路”国家能源利用方面的研究主要集中在以下3个方面:一是测度能源利用效率,主要对金砖国家^[16]、中亚五国^[17]、中哈^[18]等局部区域进行能源效率的比较研究;二是分析沿线国家能源效率与贸易的关系^[19];三是从地缘政治的角度解读“一带一路”倡议中的能源主题^[20,21]。能源经济关系着国民经济的命脉,提高能源利用效率可以促进能源的发展,而能源的发展又可以带动各国经济增长,现代经济增长不仅要注重数量的增长,更要关注质量的增长,那么,“一带一路”国家能源利用效率的改善是否与经济增长质量实现了协调发展?这关系着人们对

美好生活的需要是否得到满足,关系着人们福祉。现有研究对上述问题关注的较少,本文将以“一带一路”国家为研究对象,构建脱钩模型,探讨经济增长与能源利用效率的关系,对该问题研究提供有益补充。

本文思路框架为:首先,介绍“一带一路”国家目前的经济增长和能源利用现状;然后利用数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)中的方向距离函数(DDF)和Global Malmquist-Luenberger (GML)指数测度能源利用效率,考虑非期望产出二氧化碳排放量,对能源效率的变动情况及影响因素进行全面评价。认为能源利用效率的提高可以有效地促进经济增长,但该增长是否是高质量的增长,值得进一步探究;最后构建脱钩模型,探讨经济增长与能源利用效率、能源消费的“脱钩”关系,以期实现经济增长与能源利用效率提高的协调发展。

2 “一带一路”国家经济增长和能源强度介绍

2.1 “一带一路”国家经济增长情况

本文借鉴《2018年BP世界能源统计年鉴》^[2]对50个“一带一路”国家和地区进行了分组(表1),并利用世界银行数据库数据,以人均GDP代表各国经济发展水平,绘制了1995—2015年“一带一路”各地区经济增长趋势图(图1)。从图1中可直观地看到各地区经济在过去20年均取得了不同程度的增长,其中中美洲增幅最大,独联体国家和非洲地区增幅最小。由于受到2008年经济危机的冲击,各地区在2009年均经历了大幅下降,之后快速恢复,获得短暂的增长,到2014年除中美洲外其他地区的经济出现下行趋势。

表1 “一带一路”各国分组情况

Table 1 Grouping of countries along the Belt and Road

地区	国家
独联体(10个)	阿塞拜疆、白俄罗斯、俄罗斯联邦、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、摩尔多瓦、塔吉克斯坦、乌克兰、乌兹别克斯坦、亚美尼亚
欧洲(15个)	阿尔巴尼亚、爱沙尼亚、奥地利、保加利亚、波兰、捷克、克罗地亚、拉脱维亚、立陶宛、罗马尼亚、马其顿、斯洛伐克、斯洛文尼亚、土耳其、匈牙利
亚太(15个)	巴基斯坦、菲律宾、柬埔寨、马来西亚、孟加拉国、尼泊尔、斯里兰卡、泰国、文莱、新加坡、新西兰、印度、印度尼西亚、越南、中国
中东(6个)	阿曼、黎巴嫩、沙特阿拉伯、伊朗、约旦、以色列
非洲(3个)	埃及、摩洛哥、南非
中美洲(1个)	巴拿马

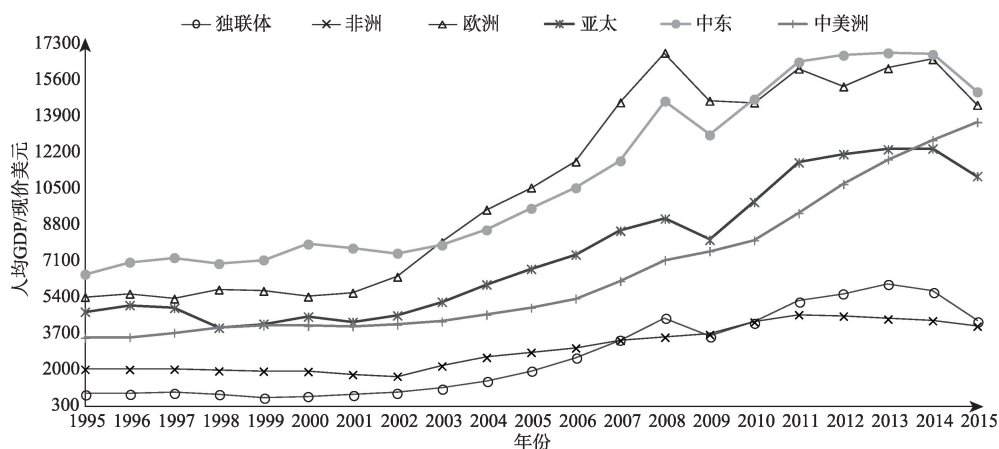


图1 1995—2015年“一带一路”各地区经济增长趋势图

Figure 1 Regional economic growth trend in the Belt and Road region, 1995-2015

2.2 “一带一路”国家能源强度介绍

能源强度常用于衡量各个经济体的能源利用效率。本文以一次能源的能源强度水平表示能源强度,利用世界银行数据库数据,沿用表1中的各国家和地区分组情况,绘制出各地区能源强度的时间序列趋势图(图2)。从整体上来看,能源强度呈下降趋势,单位GDP的能耗在减少,说明能源利用效率在提升。独联体国家的能源强度起点较高,下降幅度也最多;中东和非洲地区呈现波动上升趋势;欧洲、亚太和中美洲呈缓慢下降趋势。在2004年之后,欧洲、亚太、中东和非洲这4个地区的能源强度

相差不多,几乎在一个水平线上下波动。

2.3 “一带一路”国家经济增长与能源强度趋势

将图1和图2结合起来对比分析,不难发现大多数地区的经济增长和能源强度呈相反的变化趋势,经济水平在上升,能源强度在下降。中美洲经济水平起点高,增长最快,能源强度也是最低的;中东地区的经济水平位居第二,增长势头良好,但能源强度却有上升趋势,说明单位GDP的能耗在增加;独联体国家经济水平最低,能源强度却最高;非洲地区的经济水平仅高于独联体国家,但能源强度水平并不低,且有上升趋势;欧洲和亚太地区的经

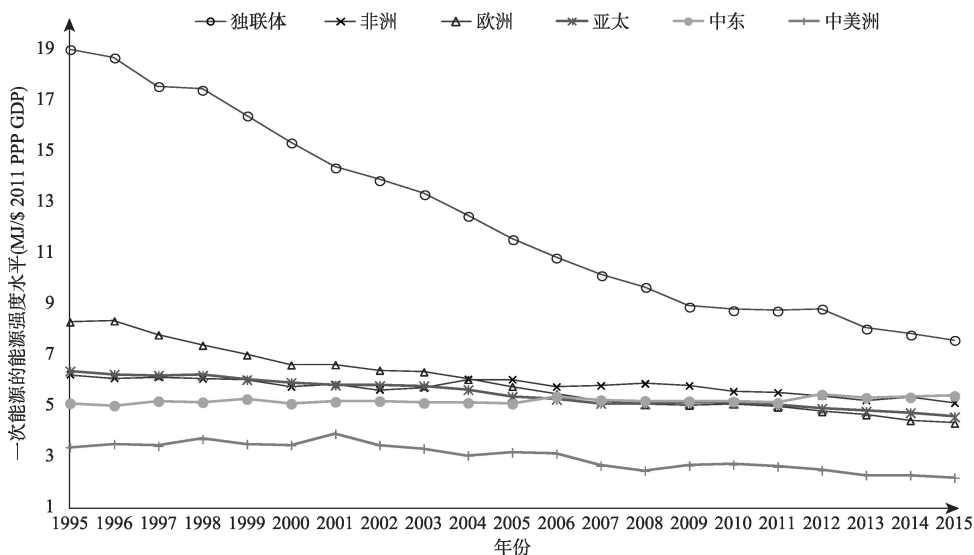


图2 1995—2015年“一带一路”各地区能源强度的趋势图

Figure 2 Trends of energy intensity in all regions along the Belt and Road, 1995-2015

2018年5月

济水平位于中间水平,且呈上升趋势,能源强度水平也在缓慢下降。能源强度仅从单位GDP能耗的角度简单地衡量了能源利用效率,并未考虑其他因素,过于片面化,而且个别地区(如中东地区)的经济增长伴随着高能耗的投入。经济增长与能源利用效率之间的关系需要进一步深入探究。因此,本文利用DEA中的DDF和GML指数测量各国的能源利用效率,然后利用脱钩模型研究经济增长与能源消耗、能源利用效率之间的“脱钩”关系。

3 研究方法与数据来源

3.1 能源利用效率测算方法

方向性距离函数(DDF)可区别好产出和坏产出,这是它得到广泛应用的原因之一。它将非期望产出碳排放量纳入投入产出效率评价中,不仅提高了效率测算的有效性,也更加贴近经济发展的实际情况。假设有 n 个决策单元(DMU),每个DMU均有 m 种投入 $x=(x_1, x_2, \dots, x_m) \in R_m^+$;得到 p 种期望产出 $y=(y_1, y_2, \dots, y_p) \in R_p^+$,以及 q 种非期望产出 $b=(b_1, b_2, \dots, b_q) \in R_q^+$;设方向性向量为 $g=(g_y, g_b)$,坏产出具有强可处置性,令 $t(t=1, 2, \dots, T)$ 代表每一时期,则该DDF模型为:

$$\begin{cases} \max \beta \\ \text{s.t. } X\lambda + \beta g_x \leq x_k \\ Y\lambda - \beta g_y \geq y_k \\ B\lambda - \beta g_b \leq b_k \\ \sum \lambda = 1 \\ \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: X 、 Y 、 B 分别为投入、期望产出和非期望产出的集合; x_k 、 y_k 、 b_k 分别表示第 k 个决策单元的要素投入、期望产出、非期望产出值; λ 表示相对于有效决策单元组合中被评价单元的权重系数向量; β 代表对无效率程度的测量,包含投入和产出2个方面。

根据Oh构建的GML指数方法^[22],利用方向性距离函数,定义以 t 期为基期的 $t+1$ 期的GML指数为:

$$\begin{aligned} GML_{t+1}^t(x', y', b', x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) = & \frac{1 + D^G(x', y', b')}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} = \frac{1 + D^t(x', y', b')}{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \\ & \times \left[\frac{1 + D^G(x', y', b')}{1 + D^t(x', y', b')} \times \frac{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right] \\ & EC_{t+1}^t \times TC_{t+1}^t \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $D^t(x', y', b') = \sup\{\gamma(y' + \gamma g_y, b' - \gamma g_b) \in P^t(x')\}$ 为第 t 期方向距离函数; $P^t(x')$ 为第 t 期的生产可能性集合; $D^G(x, y, b) = \sup\{\gamma(y + \gamma y, b - \gamma b) \in P^G\}$ 表示全局方向性距离函数; P^G 为全局生产可能性集合; γ 是第 t 期期望产出增加、非期望产出减少的最大值; GML_{t+1}^t 、 EC_{t+1}^t 、 TC_{t+1}^t 分别为DMU在 t 期和 $t+1$ 期之间的投入产出效率、追赶效率和技术进步的变化情况,其中追赶效率 EC_{t+1}^t 反映了决策单元从 t 期到 $t+1$ 期向最佳实践前沿面的趋近程度,是指在现有技术水平下,由要素组合、规模、管理等因素带来的效率改变。技术进步 TC_{t+1}^t 反映了从 t 期到 $t+1$ 期技术边界向外扩张的变化,是指由技术进步带来的效率变化。若都大于(小于)1,意味着投入产出效率提高(降低),追赶效率提升(下降),技术进步(倒退)。通过分析GML指数及其分解项,可以观测能源利用效率变化趋势以及影响因素变动情况,从而对“一带一路”国家能源效率进行综合评价,同时也为能源效率作进一步的脱钩分析提供有效的测度。

3.2 脱钩模型

脱钩是指在经济增长带来环境压力和资源消耗增长的情况下,采取一些有效的政策和新的技术,可能会以较低的环境压力和资源消耗换来同样甚至更快速的经济增长过程^[23]。因此,“脱钩”常用来考察物质消耗或生态环境压力与经济增长之间的关系。目前关于脱钩评价指标主要有OECD组织提出的脱钩因子和Tapio提出的脱钩弹性系数。由于Tapio模式综合考虑了总量变化和相对量变化2类指标,有效规避了OECD模式高度依赖基期选择的局限性,提高了脱钩关系分析的客观性与准确性^[24],因此本文采用Tapio模式进行研究。脱钩又分为相对脱钩和绝对脱钩,其中相对脱钩是指经济和环境变量的变化率均为正,且经济增长速度快于环境变量的变化,又称弱脱钩;绝对脱钩是指经济发展的同时环境变量保持稳定或者下降的现象,又称强脱钩^[25]。考虑经济衰退情况,本文参照Tapio脱钩弹性模型,借鉴车亮亮等^[15]的煤炭资源利用评价体系以及彭佳雯等^[25]的脱钩分类标准,构建经济增长和能源利用效率、能源消耗的脱钩分析模型(图3),探讨“一带一路”国家经济增长与能源利用之间的时空序列演变趋势。具体模型如下:

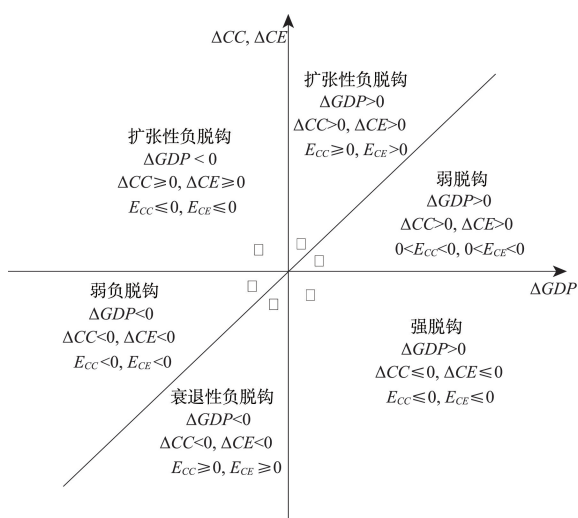


图3 经济增长与能源消耗、能源利用效率的脱钩分析模型

Figure 3 Decoupling analysis model of economic growth and energy consumption and energy efficiency

$$\text{能源消耗的GDP弹性}(E_{CC}) = \frac{\text{能源消耗量变化的百分比}(CC)}{\text{GDP变化的百分比}(GDP)} \quad (3)$$

$$\text{能源利用效率的GDP弹性}(E_{CE}) = \frac{\text{能源利用效率变化的百分比}(CE)}{\text{GDP变化的百分比}(GDP)} \quad (4)$$

只有实现经济增长与能源消耗脱钩甚至强脱钩、经济增长与能源利用效率的扩张性负脱钩,才能有效地提高经济增长质量,实现低碳高效的发展。那么“一带一路”各国的经济增长与能源消耗、能源利用效率之间的“脱钩”关系具体如何? 本文将在实证分析中给出答案。

3.3 数据来源与指标选取

本文以“一带一路”国家为研究对象,选取1995—2015年为样本期间,以各国的就业人数能源消耗量和资本投入为投入指标,GDP为期望产出,二氧化碳排放量为非期望产出,测算“一带一路”国

家在1995—2015年间的能源利用效率。已有研究并未对“一带一路”国家的界定做出统一的口径,本文采用中国一带一路官网(<https://www.yidaiyilu.gov.cn/>)公布的“一带一路”国家名单,截至2018年5月底共计73个国家,其中4个国家(巴勒斯坦、波黑、阿联酋、韩国)无数据,19个国家数据严重缺失,最终确定本文研究的“一带一路”国家为50个,各国的地区分组情况沿用表1。

测算能源利用效率的投入和产出指标为:

(1)就业人数:各国的劳动力总数减去总失业人数。数据来源于世界银行数据库(<https://data.worldbank.org.cn/>)。

(2)资本投入:采用“永续盘存法”计算各国的资本存量,用 $K_t^i = K_{t-1}^i(1 - d) + I_t^i$ 表示,其中 K 表示资本存量; t 表示的是第 t 年; i 表示的是第 i 个国家; d 表示资本折旧率; I 表示投资,以各国的固定资本形成总额(美元)表示。本文对资本折旧率的选择将沿用Hall等^[26]对资本折旧率的设定,即 $d=6\%$ 。数据来源同(1)。

(3)能源消耗量:本文以初级能源消费总量为能源消耗量,单位为千兆英热(Quad Btu)。数据来源于美国能源署(<https://www.eia.gov/>)。

(4)期望产出:“一带一路”国家的GDP(美元)。数据来源同(1)。

(5)非期望产出:选取二氧化碳排放量作为坏产出。数据来源同(3)。能源利用效率投入与产出指标的描述性统计如表2。

4 结果与分析

4.1 能源利用效率

4.1.1 “一带一路”国家能源利用效率的区域分析及变动趋势

通过MAXDEA软件测算出从1995—2015年

表2 能源利用效率投入产出指标的描述性统计情况

Table 2 Descriptive statistics of input and output indicators of energy efficiency

投入产出指标	观测量	最大值	最小值	平均值	标准差
投入指标					
就业人数/万人	1 050	75 082.848	12.502	3 555.441	11 567.079
能源消耗量/千兆英热	1 050	119.615	0.021	3.848	12.000
资本投入/亿美元	1 050	278 616.858	17.840	4 522.457	16 755.940
产出指标					
GDP/亿美元	1 050	110 646.663	8.606	2 228.400	7 718.097
CO ₂ 排放量/10 ⁴ t	1 050	9 222.335	1.300	264.500	905.000

2018年5月

“一带一路”沿线50个国家的能源效率,沿用表1中各国的地区分组,得到各区域以及整体的能源利用效率年均值的时间趋势图(图4)。整体来看,“一带一路”沿线50个国家在1995—2015年间的能源利用效率总均值为0.682,在样本期波动显著,总体呈上升趋势。总体能源利用效率年均值在2001年跌至最低点0.540,之后快速上升,在2008年达到峰值0.833,接着处于下降波动中。

在1995—2002年,各地区的能源利用效率呈起伏状下降趋势。这一时期欧洲和中美洲的能源利用效率明显高于整体水平;非洲地区起点低,又剧烈下降,波动最为显著,其余地区的能源利用效率处于中间水平,而这一时期各地区的经济发展也是处于比较缓慢的增长中。在2002—2008年,各地区的能源利用效率呈快速上升态势。欧洲增长势头迅猛,远高于整体水平,在2008年达到能源效率最高值0.925;其余地区不甘示弱,齐头并进,迅速追赶欧洲地区;除非洲地区外其余4个地区均在2008年达到峰值0.8左右。在2008年之后,除了非洲,其他地区的能源利用效率在2009年迅速跌落,然后缓慢回升,于2011年到达一个峰点之后开始下降。在此期间,亚太地区增长动力十足,能源利用效率水平高于其他地区,而独联体国家表现令人失望,下降严重。总的来说,“一带一路”沿线国家在1995—2015年期间能源利用效率获得显著提高,虽然受到2008年经济危机的影响,各国能源利用效率有所下降,但由于力破困局使得能源利用效率得到缓慢

恢复。

4.1.2 GML 指数及其分解

为探究影响“一带一路”国家能源利用效率提高的因素,本文通过GML指数对1995—2015年“一带一路”50个国家投入产出数据进行测算,求得各个国家的能源利用效率GML指数及分解项追赶效率EC和技术进步TC,具体结果如表3所示。

累积变化值和几何平均值反映了各个国家的GML指数及其影响因素的累积变化和年均变化情况。从表3可以看出,整体的能源利用效率在1995—2015年累积增长17.5%,年均增长0.5%,这和图4所呈现的整体效率上升趋势是一致的。亚太地区能源利用效率增幅最多(41.0%),中东次之(20.5%),非洲(16.7%)、欧洲(9.3%)、中美洲(2.2%)再次之,但独联体出现了负增长。从分解项来看,整体的追赶效率(EC)和技术进步(TC)分别累积增长7.2%、10.0%,对能源效率提升产生促进作用,但技术进步对提高能源利用效率的贡献率相对高些。在各区域中,非洲和亚太地区的能源利用效率的提高得益于技术进步,中东和中美洲的能源利用效率的提升有赖于追赶效率的改进,欧洲地区的追赶效率和技术进步对能源利用效率提高的贡献率不相上下,而独联体地区的追赶效率对能源利用效率提高的拉动作用无法抵销技术退步的抑制作用,出现了能源利用效率水平的负增长。

另外,根据世界银行按人均国民收入(GNI)来衡量“一带一路”国家的经济发展收入水平,按照

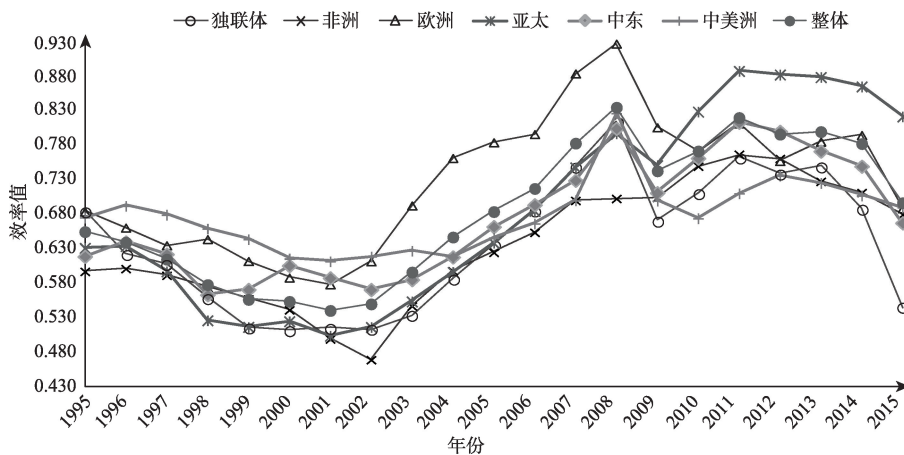


图4 1995—2015年各地区及整体的能源利用效率年均值趋势图

Figure 4 Annual average energy efficiency trends for various regions and the whole Belt and Road region, 1995-2015

表3 “一带一路”国家的GML指数及其分解值

Table 3 Global Malmquist-Luenberger (GML) index and its decomposition value in the Belt and Road countries

国家	累积变化值			几何平均值		
	<i>GML</i>	<i>EC</i>	<i>TC</i>	<i>GML</i>	<i>EC</i>	<i>TC</i>
哈萨克斯坦	1.563	1.694	0.922	1.021	1.025	0.996
乌兹别克斯坦	1.392	1.569	0.887	1.016	1.022	0.994
乌克兰	1.296	1.167	1.110	1.012	1.007	1.005
俄罗斯	1.242	0.938	1.324	1.010	0.997	1.013
白俄罗斯	0.916	1.030	0.889	0.996	1.001	0.994
塔吉克斯坦	0.721	1.000	0.721	0.985	1.000	0.985
摩尔多瓦	0.678	1.111	0.611	0.982	1.005	0.977
亚美尼亚	0.632	1.000	0.632	0.978	1.000	0.978
阿塞拜疆	0.568	0.734	0.774	0.973	0.985	0.988
吉尔吉斯斯坦	0.449	0.915	0.491	0.963	0.996	0.967
独联体	0.946	1.116	0.836	0.994	1.004	0.990
埃及	1.815	1.284	1.414	1.029	1.012	1.017
摩洛哥	0.853	0.576	1.482	0.992	0.974	1.019
南非	0.834	0.782	1.067	0.991	0.988	1.003
非洲	1.167	0.880	1.321	1.004	0.991	1.013
捷克	1.597	1.090	1.465	1.023	1.004	1.018
斯洛文尼亚	1.376	0.979	1.405	1.015	0.999	1.016
罗马尼亚	1.374	1.146	1.200	1.015	1.007	1.009
匈牙利	1.354	0.992	1.365	1.015	1.000	1.015
奥地利	1.318	1.000	1.318	1.013	1.000	1.013
立陶宛	1.306	1.743	0.749	1.013	1.027	0.986
土耳其	1.276	1.000	1.276	1.012	1.000	1.012
斯洛伐克	1.245	1.030	1.208	1.010	1.001	1.009
波兰	1.000	1.046	0.957	1.000	1.002	0.998
爱沙尼亚	0.949	1.000	0.949	0.997	1.000	0.997
克罗地亚	0.819	0.735	1.114	0.991	0.985	1.005
拉脱维亚	0.724	0.918	0.789	0.985	0.996	0.989
马其顿	0.702	1.000	0.702	0.983	1.000	0.983
保加利亚	0.680	0.919	0.740	0.982	0.996	0.986
阿尔巴尼亚	0.675	1.000	0.675	0.981	1.000	0.981
欧洲	1.093	1.040	1.061	1.002	1.001	1.001
巴基斯坦	2.177	1.415	1.539	1.038	1.017	1.021
泰国	1.705	1.172	1.454	1.026	1.008	1.018
马来西亚	1.682	1.175	1.432	1.025	1.008	1.017
中国	1.621	1.000	1.621	1.023	1.000	1.023
菲律宾	1.600	1.042	1.535	1.023	1.002	1.021
斯里兰卡	1.594	1.121	1.421	1.022	1.005	1.017
印度尼西亚	1.563	1.044	1.496	1.021	1.002	1.019
新加坡	1.560	1.000	1.560	1.021	1.000	1.021
印度	1.499	0.998	1.502	1.019	1.000	1.020

续表3

国家	累积变化值			几何平均值		
	<i>GML</i>	<i>EC</i>	<i>TC</i>	<i>GML</i>	<i>EC</i>	<i>TC</i>
越南	1.270	1.052	1.206	1.011	1.002	1.009
新西兰	1.256	1.000	1.256	1.011	1.000	1.011
孟加拉国	1.081	0.902	1.198	1.004	0.995	1.009
柬埔寨	0.976	1.000	0.976	0.999	1.000	0.999
尼泊尔	0.831	1.000	0.831	0.991	1.000	0.991
文莱	0.739	1.000	0.739	0.986	1.000	0.986
亚太	1.410	1.062	1.318	1.015	1.003	1.012
黎巴嫩	1.714	1.356	1.264	1.026	1.015	1.011
以色列	1.586	1.000	1.586	1.022	1.000	1.022
约旦	1.495	1.813	0.825	1.019	1.029	0.991
伊朗	1.004	1.058	0.949	1.000	1.003	0.997
沙特阿拉伯	0.877	1.000	0.877	0.994	1.000	0.994
阿曼	0.557	0.800	0.696	0.972	0.989	0.983
中东	1.205	1.171	1.033	1.006	1.006	1.000
巴拿马	1.022	1.238	0.825	1.001	1.010	0.991
中美洲	1.022	1.238	0.825	1.001	1.010	0.991
整体	1.175	1.072	1.100	1.005	1.002	1.003

2015年的划分标准,人均国民收入低于1025美元的为低收入组,在1026~4035美元之间的为中等偏下收入组,在4036~12475美元之间的为中等偏上收入组,高于12475美元的为高收入组。本文发现,在能源利用效率累积增长排名前30的国家,有21个是中等偏上收入组的国家,这和魏楚等^[27]提出的良好经济发展水平有利于能源利用效率提升的结论一致。

从各个国家的*GML*指数来看,有30个国家的能源利用效率获得了不同程度的提高,其中增幅最多的前5个国家分别为巴基斯坦、埃及、黎巴嫩、泰国和马来西亚,但它们提高的原因却不尽相同,如巴基斯坦、埃及、泰国、马来西亚主要得益于技术进步的大幅提高,而黎巴嫩主要受益于追赶效率的大幅提升。在样本期增幅高达117.7%的巴基斯坦是个能源短缺的国家,能源消费大量依靠进口,为解决能源对经济发展的制约问题,巴基斯坦更关注于提升能源利用效率,出台了一系列政策(如与私企建立分享计划、税收优惠、吸引外资、建立中巴合作、调整能源结构等)促进能源发展,能源利用效率得到稳步提高,到2015年已逼近前沿面,现加强清洁能源的投入与发展。泰国、埃及和巴基斯坦情

况类似,能源缺口大,严重依赖进口,经济发展与国内能源消费的现实需求倒逼其提高能源利用的效率。

余下的国家除了波兰维持原有能源利用效率水平外,其他19个国家的能源利用效率均有不同程度的下降。其中下降幅度最多的国家为吉尔吉斯斯坦、阿曼和阿塞拜疆,这3个国家的能源利用效率均值都在0.7以上,处于中上水平,正是由于这些国家起点高,上升空间有限,而近些年能源发展不稳定,又遇到技术瓶颈,所以才造成它们能源利用效率下降颇为显著。

综上所述,“一带一路”国家在1995—2015年期间能源利用效率呈上升趋势,但各国增长有所差异,部分国家出现了不同程度的下降。追赶效率和技术进步对能源利用效率的提升起到共同促进的作用,各个国家能源利用效率提升的主要动力存在差异。一些国家“高开低走”,另一些国家“低开高走”,并且各国促进能源利用效率提高的动力存在显著差异。

4.2 经济增长与能源消耗、能源利用效率的脱钩分析

为了更好地研究“一带一路”国家能源消耗及

其利用效率与经济增长的脱钩关系,本文根据图4中能源利用效率均值在样本期的变化趋势,以其拐点年份为分界点,将1995—2015年期间分为3个阶段:1995—2001年、2001—2008年和2008—2015年,以期充分考察各国脱钩状态的变化趋势。依据Tapio脱钩弹性模型,测算出1995—2001年、2001—2008年和2008—2015年这3个阶段的能源消耗的GDP弹性、能源利用效率的GDP弹性,并根据图3脱钩分析模型,获得“一带一路”各国在3个阶段的经济增长与能源消耗、能源利用效率的脱钩状态(表4、表5)。

在1995—2001年期间,“一带一路”国家经济增长与能源消耗的脱钩状态呈散点分布,经济增长与能源利用效率的脱钩状态集中为强脱钩、衰退性脱钩。经济增长与能源消耗为扩张性负脱钩状态的13个国家(表4),它们的能源利用效率与经济增长的脱钩状态是强脱钩(表5),表明这些国家能耗增加的速度快于经济增长速度,而能源利用效率却在

降低,经济增长依赖于粗放式的要素投入。14个国家的经济增长与能耗为弱脱钩状态(表4),能耗增加的速度慢于经济增长的速度,其中有8个国家的经济增长与能源利用效率是强脱钩状态(表5),说明能源利用效率随着经济增长而下降;另6个国家的经济增长与能源利用效率是弱脱钩状态(表5),能源利用效率和经济增长保持了正向增长,是不错的状态。经济增长与能耗是强脱钩、与能源利用效率是弱脱钩状态的捷克、立陶宛(表4、表5),实现了能耗随着经济增长减少,能源利用效率随着经济增长提高的理想状态。经济增长和能耗为衰退性脱钩、弱负脱钩和强负脱钩状态,说明经济出现了衰退,这些国家有14个国家,其能源利用效率与经济增长为衰退性脱钩或者弱负脱钩,说明能源消耗和能源利用效率随着经济衰退也都出现不同程度的下降。

在2001—2008年期间,“一带一路”国家经济增长与能源消耗、能源利用效率的脱钩状态集中分布

表4 1995—2015年“一带一路”国家经济增长与能源消耗的脱钩分析结果

Table 4 Decoupling of energy consumption and economic growth in the Belt and Road countries, 1995-2015

时期	1995—2001年	2001—2008年	2008—2015年
扩张性负脱钩	(13个)阿曼, 菲律宾, 柬埔寨, 克罗地亚, 马来西亚, 孟加拉国, 摩洛哥, 尼泊尔, 沙特阿拉伯, 斯里兰卡, 新加坡, 伊朗, 越南	(1个)文莱	(5个)阿曼, 巴拿马, 摩洛哥, 沙特阿拉伯, 土耳其
弱脱钩	(14个)阿尔巴尼亚, 埃及, 爱沙尼亚, 巴基斯坦, 黎巴嫩, 斯洛伐克, 土耳其, 文莱, 匈牙利, 亚美尼亚, 以色列, 印度, 约旦, 中国	(42个)阿尔巴尼亚, 埃及, 阿曼, 阿塞拜疆, 奥地利, 巴基斯坦, 白俄罗斯, 波兰, 俄罗斯, 菲律宾, 哈萨克斯坦, 柬埔寨, 捷克, 克罗地亚, 拉脱维亚, 黎巴嫩, 立陶宛, 马来西亚, 马其顿, 孟加拉国, 摩尔多瓦, 摩洛哥, 南非, 尼泊尔, 沙特阿拉伯, 斯里兰卡, 斯洛文尼亚, 泰国, 土耳其, 乌克兰, 乌兹别克斯坦, 新加坡, 新西兰, 匈牙利, 亚美尼亚, 伊朗, 以色列, 印度, 印度尼西亚, 约旦, 越南, 中国	(20个)埃及, 巴基斯坦, 菲律宾, 哈萨克斯坦, 吉尔吉斯斯坦, 柬埔寨, 黎巴嫩, 马来西亚, 孟加拉国, 尼泊尔, 斯里兰卡, 泰国, 新加坡, 新西兰, 以色列, 印度, 印度尼西亚, 约旦, 越南, 中国
强脱钩	(9个)阿塞拜疆, 巴拿马, 保加利亚, 波兰, 哈萨克斯坦, 捷克, 拉脱维亚, 立陶宛, 罗马尼亚	(7个)爱沙尼亚, 巴拿马, 保加利亚, 吉尔吉斯斯坦, 罗马尼亚, 斯洛伐克, 塔吉克斯坦	(6个)阿塞拜疆, 马其顿, 摩尔多瓦, 南非, 塔吉克斯坦, 乌兹别克斯坦
衰退性脱钩	(1个)摩尔多瓦		(7个)白俄罗斯, 立陶宛, 罗马尼亚, 斯洛伐克, 斯洛文尼亚, 文莱, 亚美尼亚
弱负脱钩	(4个)白俄罗斯, 俄罗斯, 马其顿, 乌克兰		(9个)爱沙尼亚, 奥地利, 波兰, 俄罗斯, 捷克, 克罗地亚, 拉脱维亚, 乌克兰, 匈牙利
强负脱钩	(9个)奥地利, 吉尔吉斯斯坦, 南非, 斯洛文尼亚, 塔吉克斯坦, 泰国, 乌兹别克斯坦, 新西兰, 印度尼西亚		(3个)阿尔巴尼亚, 保加利亚, 伊朗

2018年5月

表5 1995—2015年“一带一路”国家经济增长与能源利用效率的脱钩分析结果

Table 5 Decoupling of energy efficiency and economic growth in the Belt and Road countries, 1995-2015

时期	1995—2001年	2001—2008年	2008—2015年
弱负脱钩	(4个)马其顿、摩尔多瓦、泰国、乌克兰		(2个)斯洛文尼亚、爱沙尼亚
弱脱钩	(8个)埃及,巴基斯坦,捷克,黎巴嫩,立陶宛,匈牙利,以色列,约旦	(48个)阿尔巴尼亚,埃及,阿曼,阿塞拜疆,爱沙尼亚,奥地利,巴基斯坦,巴拿马,白俄罗斯,保加利亚,波兰,俄罗斯,菲律宾,哈萨克斯坦,吉尔吉斯斯坦,柬埔寨,捷克,克罗地亚,拉脱维亚,黎巴嫩,立陶宛,罗马尼亚,马来西亚,马其顿,孟加拉国,摩洛哥,南非,尼泊尔,沙特阿拉伯,斯里兰卡,斯洛伐克,斯洛文尼亚,塔吉克斯坦,泰国,土耳其,文莱,乌克兰,乌兹别克斯坦,新加坡,新西兰,匈牙利,伊朗,以色列,印度,印度尼西亚,约旦,越南,中国	(17个)埃及,巴基斯坦,菲律宾,柬埔寨,黎巴嫩,孟加拉国,斯里兰卡,泰国,乌兹别克斯坦,新加坡,新西兰,以色列,印度,印度尼西亚,约旦,越南,中国
强脱钩	(28个)阿尔巴尼亚,阿曼,阿塞拜疆,爱沙尼亚,巴拿马,保加利亚,波兰,菲律宾,哈萨克斯坦,柬埔寨,克罗地亚,拉脱维亚,罗马尼亚,马来西亚,孟加拉国,摩洛哥,尼泊尔,沙特阿拉伯,斯里兰卡,斯洛伐克,土耳其,文莱,新加坡,亚美尼亚,伊朗,印度,越南,中国	(2个)摩尔多瓦,亚美尼亚	(14个)阿曼,阿塞拜疆,巴拿马,哈萨克斯坦,吉尔吉斯斯坦,马来西亚,马其顿,摩尔多瓦,摩洛哥,南非,尼泊尔,沙特阿拉伯,塔吉克斯坦,土耳其
衰退性脱钩	(10个)奥地利,白俄罗斯,俄罗斯,吉尔吉斯斯坦,南非,斯洛文尼亚,塔吉克斯坦,乌兹别克斯坦,新西兰,印度尼西亚		(17个)阿尔巴尼亚,奥地利,白俄罗斯,保加利亚,波兰,俄罗斯,捷克,克罗地亚,拉脱维亚,立陶宛,罗马尼亚,斯洛伐克,文莱,乌克兰,匈牙利,亚美尼亚,伊朗

于弱脱钩,各国经济实现增长,经济增长的速度快于能源消耗的增加,能源利用效率也得到提高。有7个国家的能源消耗随着经济增长实现负增长,能源利用效率随着经济增长得到提高,达到相对理想的状态。有42个国家的经济增长与能源消耗和能源利用效率都是弱脱钩的状态,虽然能源消耗伴随着经济发展在增加,但能源利用效率也在不断提高。

在2008—2015年期间,“一带一路”国家经济增长与能源消耗的脱钩状态呈多样化,能源利用效率出现下降趋势。受2008年经济危机的冲击,部分国家经济发展疲软,有19个国家的经济出现衰退,除阿尔巴尼亚、保加利亚和伊朗三国的能耗随着经济衰退而不断增加外,其他国家能耗和能源利用效率随着经济衰退出现了一定程度的降低。在经济增长的国家中,能耗随着经济增长而不断减少的有6个国家(表4),除乌兹别克斯坦外,其余5个国家能源利用效率与经济增长的脱钩状态为强脱钩(表5),表明能源利用效率随着经济增长而降低,能源利用效率并未对经济发展起到促进作用,相反产生

制约。能耗与经济增长脱钩关系为扩张性负脱钩的5个国家,能源利用效率与经济增长的关系为强脱钩,表明能耗增加的速度快于经济增长,但能源利用效率却在降低。而能耗与经济增长的脱钩关系为弱脱钩的国家,能源利用效率与经济增长表现为弱脱钩或者强脱钩,有待于提高。

综上所述,通过时间维度和个体差异分析,除个别国家实现能耗与经济增长的强脱钩外,其他大部分“一带一路”国家的经济发展仍是以高强度的能源消耗为代价。经济增长与能源利用效率之间脱钩关系也不尽人意,它远离“扩张性负脱钩”的理想关系,趋向于弱脱钩、强脱钩和衰退性脱钩状态。由此可见,“一带一路”国家经济发展状况不容乐观,且能源利用效率也在降低。

5 结论与启示

5.1 主要结论

本文以1995—2015年“一带一路”国家为研究对象,基于方向距离函数和GML指数方法,考虑非期望产出二氧化碳排放量,测算能源利用效率并得到影响因素分解值,从时间序列和区域的角度进行

分析,然后构建脱钩模型,考察经济增长和能源消耗、能源利用效率之间的“脱钩”关系,主要得到以下结论:

(1)“一带一路”沿线50个国家在1995—2015年期间能源利用效率均值为0.682,整体呈上升趋势,各地区能源利用效率水平波动趋势大体一致。根据GML值及其分解项可得,总体能源利用效率累计增长17.5%,年均增长0.5%,其中亚太地区能源利用效率增幅最多(41.0%),中东次之(20.5%),非洲(16.7%)、欧洲(9.3%)、中美洲(2.2%)再次之,独联体出现了负增长。技术进步和追赶效率共同促进能源利用效率提升,但各国的增长动力又有所不同。独联体国家和中美洲地区要格外注重促进技术进步,加大科研投入,改进能源利用技术。非洲要注重追赶效率的提升,优化资源配置,调整企业规模,加强专业人员培训,促进效率提升。

(2)“一带一路”国家的经济增长与能源消耗之间的脱钩状态由最初的散点式分布到集聚为弱脱钩状态,再到恢复多样化分布,除26国的经济增长与能耗达到弱脱钩甚至强脱钩(表4)外,其他国家均有待于改进。“一带一路”国家经济增长与能源利用效率的脱钩状态由最初的8个国家实现弱脱钩到48个国家实现弱脱钩,再到现在17个国家实现弱脱钩。能源利用效率随着经济增长经历着提高又下降的变动;在2008—2015年期间,部分国家经济出现衰退,各国能源利用效率也出现不同程度的下降。

5.2 政策建议

为提升能源利用效率、促进各国经济增长,独联体国家、中东和中美洲要更关注提升技术进步,扩大对外贸易,利用技术引进改善能源利用效率;非洲和亚太要注重提高追赶效率,通过调整企业规模、要素配置,优化产业结构,促使能源利用不断靠近实际生产前沿面;欧洲地区能源利用效率水平起点高,追赶效率和技术进步的增长也相对均衡,它更需要注重保持能源利用效率水平的稳态提升。

各国也应借“一带一路”国际合作倡议的东风,秉持开放合作共赢的原则,携手共进,增加能源技术交流,创立能源技术合作平台,推进清洁能源的发展;同时在能源技术交流过程中,碰撞出新的思

想、研发先进能源技术,从而促使各国能源利用效率水平的提高,带动经济增长,改善经济下行趋势,为经济发展创造新活力,早日实现经济增长与能源消耗的强脱钩、与能源利用效率的弱脱钩或者扩张性负脱钩,实现能源与经济的可持续发展。

参考文献(References):

- [1] 夏义善. 中国国际能源发展战略研究[M]. 北京: 世界知识出版社, 2009. [Xia Y S. China's International Energy Development Strategy [M]. Beijing: World Knowledge Press, 2009.]
- [2] BP. 2018年BP世界能源统计年鉴[EB/OL]. (2018-06) [2019-01-05]. https://www.bp.com/content/dam/bp-country/zh_cn/Publications/2018SRbook.pdf. [BP. BP Statistical Review of World Energy[EB/OL]. (2018-06) [2019-01-05]. https://www.bp.com/content/dam/bp-country/zh_cn/Publications/2018SRbook.pdf.]
- [3] 张祥建, 彭娜. “一带一路”战略的合作重点和推进策略[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2017, (5): 22-27. [Zhang X J, Peng N. Cooperation focus and promotion strategy of “The Belt And Road” strategy[J]. Journal of South China Normal University (Social Science Edition), 2017, (5): 22-27.]
- [4] 林伯强, 杜克锐. 要素市场扭曲对能源效率的影响[J]. 经济研究, 2013, (9): 125-136. [Lin B Q, Du K R. The energy effect of factor market distortion in China[J]. Economic Research Journal, 2013, (9): 125-136.]
- [5] 王俊杰, 史丹, 张成. 能源价格对能源效率的影响: 基于全球数据的实证分析[J]. 经济管理, 2014, 36(12): 13-23. [Wang J J, Shi D, Zhang C. The impact of energy prices on energy efficiency: An empirical study based on global data[J]. Economic Management, 2014, 36(12): 13-23.]
- [6] 何凌云, 程怡, 金里程, 等. 国内外能源价格对我国能源消耗的综合调节作用比较研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(1): 1-16. [He L Y, Cheng Y, Jin L C, et al. Comparison of the regulatory effects of domestic and foreign energy prices on energy consumption of China[J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(1): 1-16.]
- [7] 江洪, 陈亮. 能源价格对能源效率倒逼机制的空间异质性[J]. 价格理论与实践, 2017, (2): 96-99. [Jiang H, Chen L. The spatial heterogeneity of energy price to energy efficiency forcing mechanism[J]. Price Theory and Practice, 2017, (2): 96-99.]
- [8] 林伯强, 刘泓汛. 对外贸易是否有利于提高能源环境效率[J]. 经济研究, 2015, (9): 127-141. [Lin B Q, Liu H X. Whether Do energy and environment efficiency benefit from foreign trade: The case of China's industrial sectors[J]. Economic Research Journal, 2015, (9): 127-141.]
- [9] 韩玉军, 王丽. OFDI逆向技术溢出对中国能源利用效率的影响[J]. 经济问题, 2016, (3): 95-101. [Han Y J, Wang L. The effect of

2018年5月

- OFDI reverse technology spillover on China energy efficiency[J]. *Economic Problem*, 2016, (3): 95-101.]
- [10] 吕明元, 陈维宣. 中国产业结构升级对能源效率的影响: 基于1978-2013年数据[J]. *资源科学*, 2016, 38(7): 1350-1362. [Lv M Y, Chen W X. The study on the impact of industrial structure upgrading on energy efficiency in China: Based on the data from 1978 to 2013 [J]. *Resources Science*, 2016, 38(7): 1350-1362.]
- [11] 张志辉. 中国区域能源效率演变及其影响因素[J]. *数量经济技术经济研究*, 2015, (8): 73-88. [Zhang Z H. China's regional energy efficiency evolution and its affecting factors[J]. *Quantitative & Technical Economics*, 2015, (8): 73-88.]
- [12] 冯烽. 内生视角下能源价格、技术进步对能源效率的变动效应研究: 基于PVAR模型[J]. *管理评论*, 2015, 27(4): 38-47. [Feng F. Research on dynamics effects of energy efficiency from energy price, technological progress in endogenous perspective based on panel VAR model [J]. *Management Review*, 2015, 27(4): 38-47.]
- [13] 陈夕红, 李长青, 张国荣, 等. 经济增长质量与能源效率是一致的吗[J]. *自然资源学报*, 2013, (11): 1858-1868. [Chen X H, Li C Q, Zhang G R, et al. Is the quality of economic growth consistent with energy efficiency?[J] *Journal of Natural Resources*, 2013, (11): 1858-1868.]
- [14] 叶祥松, 刘敬, 王江波. 经济增长质量与能源效率研究: 以珠三角地区为例[J]. *江西财经大学学报*, 2017, (5): 3-13. [Ye X S, Liu J, Wang J B. Study on the quality and energy efficiency of economic growth: Take the pearl river delta region as an example[J]. *Journal of Jiangxi University of Finance and Economics*, 2017, (5): 3-13.]
- [15] 车亮亮, 韩雪, 赵良仕, 等. 中国煤炭利用效率评价及与经济增长脱钩分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(3): 104-110. [Che L L, Han X, Zhao L S, et al. Coal use efficiency evaluation and decoupling analysis between coal use efficiency and economic growth in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(3): 104-110.]
- [16] 胡根华. “金砖国家”全要素能源效率的比较研究: 基于DEA-Tobit模型[J]. *资源科学*, 2012, 34(3): 533-540. [Hu G H. Comparative research of total-factor energy efficiency in BRICS: Based on DEA and Tobit models[J]. *Resources Science*, 2012, 34(3): 533-540.]
- [17] 岳立, 杨帆. “丝绸之路经济带”框架下中国与中亚五国能源效率评价: 基于CCR-BCC和Malmquist指数分析方法的DEA-Tobit模型[J]. *统计与信息论坛*, 2016, 31(6): 37-43. [Yue L, Yang F. Analysis of total factor energy efficiency of China and five countries in the central Asia on the silk road economic belt: DEA-Tobit model based on CCR-BCC&Malmquist index method[J]. *Statistics and Information Forum*, 2016, 31(6): 37-43.]
- [18] 刘明辉, 袁培. 中哈全要素能源效率比较研究[J]. *山东工商学院学报*, 2015, 29(6): 43-48. [Liu M H, Yuan P. Comparative study of total energy efficiency between China and Kazakhstan[J]. *Journal of Shandong Technology and Business University*, 2015, 29(6): 43-48.]
- [19] 汪晓文, 马晓锦, 倪坤鹏. “丝绸之路经济带”沿线国家贸易与能源效率关系研究: 基于DEA模型与贸易引力模型的实证研究[J]. *兰州大学学报(社会科学版)*, 2015, (4): 7-15. [Wang X W, Ma X J, Ni K P. A study on the relationship between the trade and energy efficiency among the countries along the Silk Road Economic Belt: Based on the DEA and trade gravitation models[J]. *Journal of Lanzhou University (Social Science Edition)*, 2015, (4): 7-15.]
- [20] Lin J. “One Belt and One Road” and free trade zones: China's new opening-up initiatives[J]. *Frontiers of Economics in China*, 2015, 10(4): 585-590.
- [21] Huang Y P. Understanding China's Belt & Road initiative: Motivation, framework and assessment[J]. *China Economic Review*, 2016, 40: 314-321.
- [22] Oh D H. A Global Malmquist-Luenberger productivity index[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2010, 34(3): 183-197.
- [23] 宋伟, 陈百明, 陈曦炜. 常熟市耕地占用与经济增长的脱钩评价[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(9): 1532-1540. [Song W, Chen B M, Chen X W. Decoupling evaluation between cultivated land occupation and economic growth in Changshu City[J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(9): 1532-1540.]
- [24] 王泽宁, 卢雪凤, 韩增林, 等. 中国海洋经济增长与资源消耗的脱钩分析及回弹效应研究[J]. *资源科学*, 2017, 39(9): 1658-1669. [Wang Z N, Lu X F, Han Z L, et al. Decoupling analysis and rebound effect between China's marine economic growth and resource consumption[J]. *Resources Science*, 2017, 39(9): 1658-1669.]
- [25] 彭佳雯, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国经济增长与能源碳排放的脱钩研究[J]. *资源科学*, 2011, 33(4): 626-633. [Peng J W, Huang X J, Zhong T Y, et al. Decoupling analysis of economic growth and energy carbon emissions in China[J]. *Resources Science*, 2011, 33(4): 626-633.]
- [26] Hall R E, Jones C I. Why do some countries produce so much more output per worker than others?[J]. *NBER Working Papers*, 1999, 114(1): 83-116.
- [27] 魏楚, 沈满洪. 规模效率与配置效率: 一个对中国能源低效的解释[J]. *世界经济*, 2009, (4): 84-96. [Wei C, Shen M H. Scale efficiency and configuration efficiency: One explanation for China's energy inefficiency[J]. *The Journal of World Economy*, 2009, (4): 84-96.]

National energy efficiency of countries in the “Belt and Road” region and its decoupling from economic growth

YUE Li^{1,2}, SONG Yaqiong¹, JIANG Lingfeng¹

(1. School of Economics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

2. The Belt and Road Research Center, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Increasing energy efficiency can reduce energy consumption and promote sustained economic growth in all countries. The coordinated development of energy efficiency and high quality economic growth is an essential requirement for enhancing the well-being of people in all countries. This study used Directional Distance Function (DDF) and Global Malmquist-Luenberger (GML) index to calculate the energy efficiency of 50 countries along the Belt and Road initiative region from 1995 to 2015, and constructed a model to explore the “decoupling” relationship between economic growth and energy consumption and energy efficiency. The study found that: (1) From 1995 to 2015, the overall energy efficiency of the countries in the Belt and Road region averaged 0.682, first falling then rising, reaching a peak of 0.833 in 2008, and then fluctuating with a falling trend; (2) In 1995-2015, energy efficiency of these countries increased by 17.5%. The catch-up efficiency and technological progress contribution rates were 7.2% and 10.0%, respectively, which jointly promoted the improvement of energy efficiency. Except for the negative growth of the Commonwealth of Independent States (CIS), Energy efficiency in other regions has increased to varying degrees; (3) Decoupling between economic growth and energy consumption and energy efficiency of the Belt and Road countries is determined by continuing to reduce energy consumption, improve energy efficiency, and promote economic growth, and it has gone through a process of drifting away from weak decoupling, weak decoupling, and again drifting away from weak decoupling. Therefore in the future, countries should start with focusing on catching-up efficiency and technological progress, improve energy efficiency, and achieve a strong decoupling between economic growth and energy consumption, a weak decoupling between economic growth and energy efficiency, or a negative decoupling relationship.

Key words: Belt and Road initiative; energy efficiency; directional distance function; global Malmquist-Luenberger index (GML); decoupling theory