

中国能源消费碳排放与经济增长脱钩 关系及驱动因素研究

孙叶飞¹ 周 敏²

(1.北京理工大学管理与经济学院,北京 100081;2.中国矿业大学管理学院,江苏 徐州 221116)

[摘 要] 将 Tapio 脱钩指数法与 Kaya 恒等式和 LMDI 因素分解法相结合,对中国 1996–2014 年期间的能源消费碳排放与经济增长脱钩关系及驱动因素进行了分析。实证结果表明:在时间序列上,1996–2000 年中国能源消费碳排放与经济增长脱钩效果最理想,2000 年以后总体脱钩状态呈现出“M”型的波动特点。在空间视角上,新疆、海南、陕西、宁夏和北京这五个省市脱钩状态具有显著特征,并对其进行了深入研究。在驱动因素研究过程中发现,能源强度和经济发展是影响 GDP 与碳排放脱钩的主要驱动因素,能源结构因素和人口因素将会成为今后进一步促进 GDP 与碳排放脱钩的主要驱动力。

[关键词] Tapio 脱钩模型;Kaya 恒等式;LMDI 因素分解法;碳排放;经济增长

[DOI 编码] 10.13962/j.cnki.37-1486/f.2017.06.003

[中图分类号]F205 **[文献标识码]**A **[文章编号]**2095-3410(2017)06-0021-10

一、引言

目前温室气体排放而导致的全球气温升高越来越得到人们的重视,我国自 1978 年改革开放以来经济飞速发展,目前已成为全球第二大经济体。同时这也导致了我国二氧化碳排放量的急剧增加,自 2008 年以来中国已经超越美国成为全球二氧化碳排放量最大的国家。据挪威的奥斯陆国际气候与环境研究中心(CICERO)推算,2016 年中国二氧化碳累计排放量将达到 1464 亿吨,同时也将超过美国的 1462 亿吨,跃居首位。中国作为负责任的大国积极设施低碳发展战略:到 2020 年,非化石能源占一次能源消费总量的比重达到 15%左右,单位国内生产总值二氧化碳排放量比 2005 年下降 40%–45%;到 2030 年,非化石能源占一次能源消费总量的比重达到 20%左右,单位国内生产总值二氧化碳排放量比 2005 年下降 60%–65%。由此可见中国在减少二氧化碳排放同时保持经济增长方面面临着巨大压力,这也是本文对中国能源消费碳排放与经济增长脱钩

关系及其驱动因素分析的出发点。

近年来脱钩分析逐渐被应用到资源与环境管理领域并成为研究的热点。对于脱钩在资源环境管理领域的研究主要表现在两个方面,一方面是脱钩方法在不同层面上的运用,相关学者研究一般集中在行业层面和地区或国家层面。其中对行业发展与碳排放或能源消费脱钩关系研究较多,比如 Gao 等(2012)^[1]运用 Tapio 脱钩指数法对交通业能源消费与经济发展关系进行了脱钩分析;Tang 等(2014)^[2]运用脱钩指数对中国的旅游业的二氧化碳排放脱钩状态进行了研究。也有相关的学者对地区或国家层面上经济增长与能源消费或能源消费碳排放的脱钩关系研究,比如 Wang 等(2013)^[3]对江苏省碳排放与经济增长脱钩关系进行了研究;Zhang 等^[4](2015)利用 Tapio 脱钩指数法中国经济发展与能源消费脱钩关系进行了分析。另一方面是对碳排放影响因素的研究,Ren 等(2014)^[5]在对制造业二氧化碳排放脱钩影响因素分析过程中,使用 LMDI 方法对能源结构、产业结构、

[基金项目] 本文是教育部人文社会科学研究规划基金项目“新型城镇化与能源消费协同演化效应研究”(项目编号:15YJA630106)的阶段成果。

[作者简介] 孙叶飞(1991–),男,江苏盐城人,北京理工大学管理与经济学院博士研究生。主要研究方向:能源经济与管理。

能源强度、经济产出和碳排放因子等影响因素进行分析,发现经济产出因素是导致碳排放增长的主要原因,能源强度对于碳减排起到了积极作用;Zhang 等(2015)^[6]在对中国经济增长与碳排放脱钩关系研究过程中利用 LMDI 因素分解法对经济增长、能源强度、产业结构和能源消费结构等因素进行分析,发现经济增长是导致碳排放增加的主要因素,而能源强度对碳排放增加起到主要抑制作用。

通过以上分析可以发现运用脱钩方法对经济发展与碳排放之间关系进行研究已经成为一种主流的趋势,在微观层面利用 LMDI 因素分解法在学术界也获得了广泛的认可。因此本文在相关学者研究基础上进一步深入研究,主要的改进部分包括以下三个方面:第一,本文为了获得更为精确碳排放数据,在进行碳排放测算时,对煤炭、焦炭、柴油、煤油、汽油、天然气和燃料油等七种能源消费过程中的二氧化碳排放量进行了测算,而以往研究在进行 GDP 与碳排放脱钩分析过程中只对三种主要能源进行二氧化碳排放测算。第二,在确定脱钩驱动因素过程中将 Kaya 恒等式与 LMDI 因素分解法和 Tapio 脱钩法^[7]相结合,定量分析出每种因素对脱钩指数的影响值,具有可靠的理论依据和严密的逻辑过程,而以

表 1 各种能源的碳排放系数

能源种类	煤炭	焦炭	柴油	煤油	汽油	天然气	燃料油
碳排放系数(吨碳/吨标准煤)	0.7599	0.855	0.5921	0.5714	0.5538	0.4483	0.6815

(二)脱钩理论

脱钩(Decoupling)一词源于物理学研究领域,其表示两个或多个物理量之间的相互关系的弱化或消失。脱钩分析已成为资源与环境领域研究的热点,目前被广泛使用的脱钩状态测度方法主要有三种^[10],分别是 OECD 组织提出的脱钩因子法^[11]、Tapio 提出的脱钩弹性系数法和基于 IPAT 方程的脱钩评价法。比如梁日忠等(2013)^[12]运用 OECD 和 Tapio 脱钩分析模型研究了中国化学工业增长与碳排放的脱钩关系;朱婧等(2015)^[13]利用基于 IPAT 方程的脱钩评价方法对低碳城市能源需求与碳排放情景分析。考虑到 Tapio 脱钩模型不仅可以

通过构建因果链来分析各种因素对脱钩指标的影响,而且 Tapio 弹性系数法可以有效克服计量纲变化的影响^[14],因此本文采用了 Tapio 脱钩分析模型。其计算公式如下:

往研究过程中对与影响因素的确定缺乏理论依据而且因素分解不全面,而且在驱动因素分析时仅仅分析了每种因素对碳排放的贡献度。第三,在研究角度上,本文从时空角度上对中国能源消费碳排放经济增长脱钩特征及驱动因素进行全面分析,而且分析过程中层层深入、重点突出,而以往研究仅仅从空间或者时间角度进行分析,分析过程不够透彻。

二、模型构建

(一)碳排放测算

对于碳排放的测算,本文利用 IPCC 提出的因素分解法进行测算,即通过各种类型的能源消费碳排放进行加总,从而得到总体碳排放量。本文主要选取了煤炭、焦炭、柴油、煤油、汽油、天然气和燃料油等七种能源对其进行碳排放测算^[8],具体测算公式如公式(1)所示:

$$EC = \sum_i EC_i = \sum_{i=1}^7 E_i \times CF_i \times CC_i \times COF_i \times \frac{44}{12} = \sum_{i=1}^7 \frac{44}{12} \alpha_i E_i \tag{1}$$

其中 i 表示能源种类,EC 表示能源消费碳排放总量,CF 为发热值,CC 为碳含量,COF_{COF} 表示氧化因子,α_i 为碳排放系数,各类能源消费碳排放系数来源于 IPCC 的既定系数^[9],具体如表 1 所示:

$$t_{c,g} = \frac{\frac{\% \Delta C}{\% \Delta GDP}}{\frac{C^1 - C^0}{GDP^0}} = \frac{\frac{\% \Delta C}{C^0}}{\frac{GDP^1 - GDP^0}{GDP^0}} = \frac{\frac{\Delta C}{C^0}}{\frac{\Delta GDP}{GDP^0}} \tag{2}$$

其中 t_{c,g} 表示 GDP 与碳排放的脱钩指数;%ΔC 和 %ΔGDP 分别表示碳排放和 GDP 增长率,C⁰ 和 GDP⁰ C⁰和 G⁰分别表基期的碳排放和 GDP;C¹ 和 GDP¹ C¹和 G¹分别表示 t 时期的碳排放和 GDP;ΔC 和 ΔC 和 ΔGΔGDP 分别表示碳排放和 GDP 的增加值。参照关雪凌^[15]、盖美^[16]等人的研究,根据不同的 t_{c,g}、%ΔC 和 %ΔGDP t_{c,g}、%ΔC%ΔGDP 值划分 8 种不同的脱钩状态,具体如图 1 所示,其中最理想的状态为强脱钩状态,表明经济增长为正而碳排放增长为负,也就是经济增长的同时环境压力却在下降。而强负脱钩为最不理想的状态,表明经济增长为负而环境压力却不断增加,这与强脱钩状态正好相反。

所以我国碳排放与经济发展应该以实现强脱钩为最终目标。

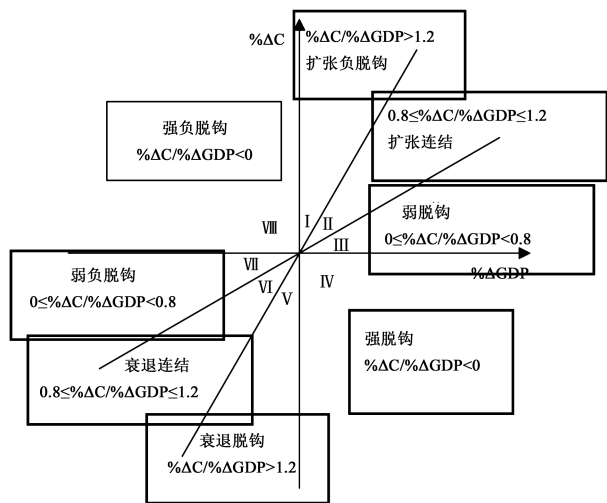


图1 经济增长与能源消费碳排放的脱钩状态分析模型

(三) Kaya 恒等式与 LMDI 因素分解模型

1989 年日本教授 Yoichi Kaya 在 IPCC 研讨会上为研究经济、政策以及人口等因素对二氧化碳排放量的影响,而提出了 Kaya 恒等式:

$$C = \frac{C}{E} \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times P \quad (3)$$

其中 C 表示二氧化碳排放量, E 表示能源消费量, G 表示国内生产总值, P 表示总人口, 从而等式右边四项分别表示能源碳排放系数、能源强度、人均 GDP 和人口。由于 Kaya 恒等式分解因素有限, 本文基于 Kaya 恒等式基本思想, 对其进行扩展, 构建了如下的碳排放量关系式:

$$C^t = \sum_k C_k^t = \sum_k \frac{C_k^t}{E_k^t} \times \frac{E_k^t}{E^t} \times \frac{E^t}{G^t} \times \frac{G^t}{P^t} \times P^t = \sum_k F_k^t \cdot S_k^t \cdot I^t \cdot A^t \cdot P^t \quad (4)$$

其中, C^t 表示 t 时期能源消费碳排放总量, C_k^t 表示 t 时期第 k 中能源的碳排放量, E_k^t 表示 t 时期第 k 种能源消费量, E^t 表示 t 时期能源消费总量, G^t 表示 t 时期实际 GDP, P^t 表示 t 时期人口数。定义 $F_k^t = \frac{C_k^t}{E_k^t}$, $S_k^t = \frac{E_k^t}{E^t}$, $I^t = \frac{E^t}{G^t}$ 和 $A^t = \frac{G^t}{P^t}$ 分别表示能源碳排放系数、能源结构、能源强度和人均 GDP。

t 期相对于基期的二氧化碳排放量变化如式 (5) 所示, 其中 ΔC 表示碳排放变化量, C^0 表示基期的二氧化碳排放量, ΔC_F 、 ΔC_S 、 ΔC_I 、 ΔC_A 、 ΔC_P 以及

ΔC_{rsd} 分别表示碳排放系数因素、能源结构因素、能源强度因素、经济增长因素、人口因素以及分解余量对二氧化碳排放的贡献值。

$$\Delta C = C^t - C^0 = \sum_k F_k^t \cdot S_k^t \cdot I^t \cdot A^t \cdot P^t - \sum_k F_k^0 \cdot S_k^0 \cdot I^0 \cdot A^0 \cdot P^0 = \Delta C_F + \Delta C_S + \Delta C_I + \Delta C_A + \Delta C_P + \Delta C_{rsd} \quad (5)$$

为了易于了解, 本文采用 B.W. Ang^[17] 提出的加法形式 LMDI 分解公式对式 (5) 中各因素效应值进行分析, 结果如下:

$$\Delta C_S = \sum_k \frac{C_k^t - C_k^0}{\ln(C_k^t/C_k^0)} \times \ln \frac{S_k^t}{S_k^0}; \Delta C_F = \sum_k \frac{C_k^t - C_k^0}{\ln(C_k^t/C_k^0)} \times \ln \frac{F_k^t}{F_k^0}; \Delta C_I = \sum_k \frac{C_k^t - C_k^0}{\ln(C_k^t/C_k^0)} \times \ln \frac{I_k^t}{I_k^0}; \Delta C_A = \sum_k \frac{C_k^t - C_k^0}{\ln(C_k^t/C_k^0)} \times \ln \frac{A_k^t}{A_k^0}; \Delta C_P = \sum_k \frac{C_k^t - C_k^0}{\ln(C_k^t/C_k^0)} \times \ln \frac{P_k^t}{P_k^0} \quad (6)$$

对于分解余量, 对其进行变形可得:

$$\Delta C_{rsd} = \Delta C - (\Delta C_F + \Delta C_S + \Delta C_I + \Delta C_A + \Delta C_P) = C^t - C^0 - \sum_k \frac{C_k^t - C_k^0}{\ln(C_k^t/C_k^0)} \times \ln \frac{S_k^t \cdot F_k^t \cdot I^t \cdot A^t \cdot P^t}{S_k^0 \cdot F_k^0 \cdot I^0 \cdot A^0 \cdot P^0} = C^t - C^0 - \sum_k \frac{C_k^t - C_k^0}{\ln(C_k^t/C_k^0)} \times \ln \frac{C_k^t}{C_k^0} = 0 \quad (7)$$

所以碳排放变化量的最终表达式可以表示为:

$$\Delta C = \Delta C_F + \Delta C_S + \Delta C_I + \Delta C_A + \Delta C_P \quad (8)$$

最后结合式 (2) 和式 (8) 可以得到如式 (9) 所示的扩展的能源消费碳排放与经济增长的脱钩模型:

$$t_{C,G} = \frac{\frac{\Delta C}{C^0}}{\frac{\Delta GDP}{GDP^0}} = \Delta C \times \frac{GDP^0}{C^0 \times \Delta GDP} = (\Delta C_F + \Delta C_S + \Delta C_I + \Delta C_A + \Delta C_P) \times \frac{GDP^0}{C^0 \times \Delta GDP} = \frac{\Delta C_F}{\frac{C^0}{G^0} \times \Delta GDP} + \frac{\Delta C_S}{\frac{C^0}{G^0} \times \Delta GDP} + \frac{\Delta C_I}{\frac{C^0}{G^0} \times \Delta GDP} + \frac{\Delta C_A}{\frac{C^0}{G^0} \times \Delta GDP} + \frac{\Delta C_P}{\frac{C^0}{G^0} \times \Delta GDP} = t_F + t_S + t_I + t_A + t_P \quad (9)$$

其中 t_F 、 t_S 、 t_I 、 t_A 和 t_P 分别表示碳排放系数效应分脱钩指数、能源结构效应分脱钩指数、能源强度效应分脱钩指数、经济增长效应分脱钩指数和人口数量效应分脱钩指数, 由于第 k 种能源 t 时期和基期碳排放

因子相同,即 $F_k^1 = F_k^0$,这导致了 $\Delta C_F = 0$,所以在下文驱动因素分析过程中不对该因素进行分析^[18]。

(四)数据来源

本文涉及的数据包括碳排放测算和脱钩特征及影响因素分析这两个方面的数据。碳排放测算过程中涉及煤炭、焦炭、柴油、煤油、汽油、天然气和燃料油等七种能源实物量数据以及折标准煤系数和碳排放因子,该部分数据来自中国能源统计年鉴、各省市统计年鉴和 IPCC《国家温室气体排放清单指南》。脱钩特征及影响因素分析过程中涉及的能源结构、能源强度、经济增长、人口数量等相关数据来源于《新中国六十年统计资料汇编》、《中国国内生产总值核算历史资料》以及历年的中国统计年鉴与各省市统计年鉴。

三、模型实证分析

本文首先对中国区域能源消费碳排放与经济增长的脱钩情况进行时间演变和空间差异分析,并从宏观发展角度分析脱钩特征原因。进一步在时空变化分析基础上,基于时空视角对碳排放与经济增长脱钩微观驱动因素进行研究。在进行时间序列演变分析过程中,为了突出研究内容的完整性与连续性,本文基于全国层面,对 1996-2014 年的历年数据进行了时间演变分析。在空间差异分析过程中,为了能够明显地体现空间发展差异性,同时又考虑到经济发展与能源消费过程中的碳排放增长存在着滞后关系,在时空分析过程中一般采用 5-10 年的时期进行脱钩分析^[19],所以本文在空间分析过程中将 1996-2014 年的数据分为三个连续时段,分别是 1996-2002 年、2002-2008 年和 2008-2014 年,分别对其进行空间差异分析。在对脱钩驱动因素分析过程中,引入 LMDI 因式分解法,对脱钩特征进行分解分析。

(一)脱钩特征分析

1.时间演变特征分析

根据脱钩关系特征,将 1996-2014 年分为五个时间段对其进行阶段分析,具体结果如表 2 所示。在 1996-2000 年时间段中,中国 GDP 与能源消费碳排放脱钩指标计算结果比较理想,特别是% ΔC 值都很低,其原因可能与 1996 年《国务院关于加强环境保护若干问题的决定》关于关停“十五小”和“新五小”企业的决定有关。在 2000-2006 年的时间段

1996 年-2014 年中国 GDP 与能源消费碳排放脱钩相关指标结果

年份	% Δ GDP	% Δ C	$E_{(C,G)}$	脱钩状态
1996-1997	0.117	0.029	0.25	弱脱钩
1997-1998	0.111	-0.010	-0.09	强脱钩
1998-1999	0.098	-0.002	-0.02	强脱钩
1999-2000	0.091	-0.014	-0.16	强脱钩
2000-2001	0.099	0.034	0.35	弱脱钩
2001-2002	0.097	0.055	0.57	弱脱钩
2002-2003	0.109	0.100	0.92	扩张连结
2003-2004	0.124	0.146	1.18	扩张连结
2004-2005	0.137	0.158	1.15	扩张连结
2005-2006	0.131	0.188	1.43	扩张负脱钩
2006-2007	0.137	0.132	0.96	扩张连结
2007-2008	0.144	0.076	0.53	弱脱钩
2008-2009	0.119	0.047	0.39	弱脱钩
2009-2010	0.116	0.054	0.47	弱脱钩
2010-2011	0.131	0.093	0.71	弱脱钩
2011-2012	0.117	0.116	0.99	扩张连结
2012-2013	0.102	0.028	0.27	弱脱钩
2013-2014	0.094	-0.007	-0.07	强脱钩

中,中国 GDP 与能源消费碳排放整体脱钩状态处于恶化趋势,比较这时期的碳排放的 GDP 弹性指数可以发现总体上处在不断上升的态势,2000-2001 年碳排放的 GDP 弹性指数为 0.35,脱钩状态为弱脱钩,而在 2005-2006 年碳排放的 GDP 弹性指数达到了 1.43,脱钩状态表现为扩张负脱钩,而在中间年份中其脱钩状态也都表现为扩张连结。该时期的% Δ GDP 值总体上较高,而% Δ C 值也呈现同样的状态,这样的结果应该与该时期国家增加投资、扩大内需等一系列的宏观政策作用有关,从而促使了大批高耗能、高污染的重大工程项目的集体建设。在 2006-2009 年的时间段中,通过比较这三年的碳排放的 GDP 弹性指数,可以发现其数值存在下降的趋势,脱钩效果相比 2000-2006 时期有所改善。其原因应该是该时期国家积极实施低碳发展战略,从而有效减缓了碳排放增长速度。而在 2009-2012 年时间段,总体的脱钩状态有出现了恶化趋势,从弱脱钩发展为扩张连结。该时期中国经济发展速度虽然总体较快,但相比上一阶段有所放缓,而碳排放量增加速率大幅提升。这种状态是因为该时期中国正处在工业化、城镇化迅速发展的关键阶段,从而导致了碳排放的迅速增长。在 2012-2014 时间段,脱钩状态得到了明显的改善,在 2013-2014 年脱钩状态表

现为强脱钩。该阶段中国经济发展速度放缓,碳排放甚至出现了负增长,从而出现了较为理想的脱钩状态。之所以出现这种状态是因为该阶段中国经济正处在由数量增长向质量增长的转型期,经济发展不再以高污染、高碳排放为代价,国家积极促进经济结构调整,加强传统高能耗企业升级。

2.空间差异特征分析

从总体角度来看,结合图 2 可以发现这个三个时期的脱钩表现出交替变动特征,在图 2(a)和图 2(c)中,被弱脱钩及以上状态覆盖的省市较多;而在图 2(b)中被弱脱钩及以上状态所覆盖的省市却较少。之所以出现这样的特征主要是因为 2002-2008 年这段时间内中国各个地区都在加强基础设施建设,大批重污染、高碳排放工程项目开工建设,这种高能耗的发展模式导致了碳排放与经济发展脱钩效果的不理想。

进一步,由表 3 可知在 1996-2002 年的时间段中,中国省域能源消费碳排放与 GDP 脱钩情况总体较为理想,29 个省市中 7 个省市达到了强脱钩的状态,占比为 24.14%,20 个省市处于弱脱钩状态,占比为 68.97%。只有海南(1.19)和宁夏(1.21)分别处于扩张连结和扩张负脱钩状态,中国及东部、中部、西部三大区域的源碳排放与 GDP 脱钩也都处于弱脱钩状态。在 2002-2008 年的时间段中,没有省市达到强脱钩状态,而处在弱脱钩状态的省市也缩减到 9 个,此外还有 12 个省市处在扩张连结状态和 8 个省市处在扩张负脱钩状态,而该时期中国及东

部和中部处于扩张连结状态,西部发展为扩张负脱钩。在 2008-2014 年的时间段中,总体形势有所好转,处于扩张连结和扩张负脱钩状态的省市都缩减到 2 个,新增北京市(-0.15)为强脱钩状态,其余 24 省市都处于弱脱钩状态,弱脱钩状态占比达到 82.76%,而该时期中国及东部、中部、西部三大区域的源碳排放与 GDP 脱钩也都恢复到弱脱钩状态,说明该期间区域经济低碳发展取得一定进展。

在以上分析过程中部分省市的脱钩特征较为明显,有必要对其进行深入分析,这些省市分别是新疆、海南、陕西、宁夏和北京。新疆的脱钩状态在三个时期分别是弱脱钩、扩张连结和扩张负脱钩,脱钩状态处于恶化趋势。海南在这三个时期都表现为扩张连结,状态较为稳定。宁夏三个时期的脱钩状态分别为扩张负脱钩、扩张连结和扩张负脱钩,存在不断反复的变化趋势。这三个省份的脱钩状态都较差,说明该区域的节能减排效应不明显,急需促进企业转型升级,提升碳排放效率。陕西这三个时期的变化趋势为强脱钩-扩张连结-弱脱钩,2002-2008 年表现为扩张连结的主要原因是该时期由于陕西省为了扩大内需,进行了大规模的基础设施建设,从而促进经济增长,同时这也带来了高污染、高碳排放等一系列负面后果,从而在该时期内碳排放与 GDP 呈现扩张连结状态,此后陕西省积极进行能源结构优化、产业结构调整,使得 2008-2014 年期间脱钩状态改善。而北京脱钩状态一直较为理想在 2008-2014 年的时间段达到了强脱钩。

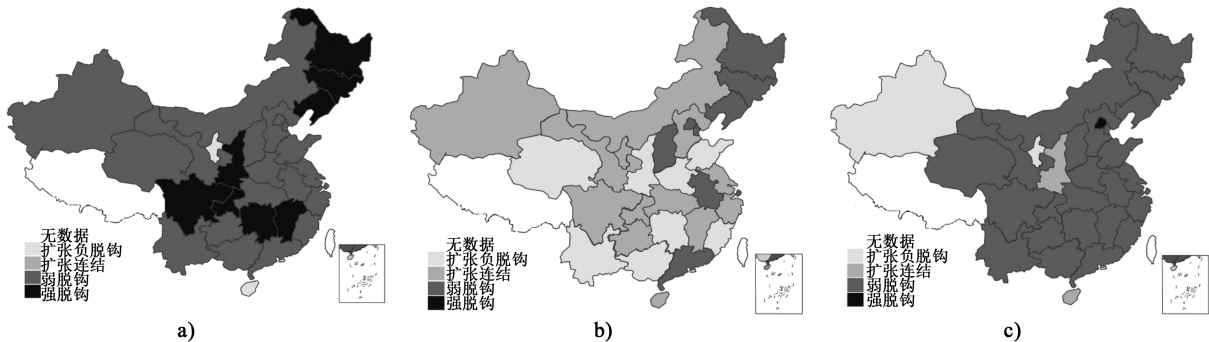


图 2 中国 GDP 与能源消费碳排放脱钩空间差异图

表 3 中国各省 GDP 与能源消费碳排放脱钩状态结果

地区	1996–2002 年				2002–2008 年				2008–2014 年			
	%ΔGDP	%ΔC	E _(C,G)	状态	%ΔGDP	%ΔC	E _(C,G)	状态	%ΔGDP	%ΔC	E _(C,G)	状态
北京	0.82	0.03	0.04	弱脱钩	1.02	0.26	0.25	弱脱钩	0.66	−0.10 0.10	−0.15	强脱钩
天津	0.91	0.11	0.12	弱脱钩	1.27	0.66	0.52	弱脱钩	1.37	0.39	0.28	弱脱钩
河北	0.84	0.15	0.18	弱脱钩	1.00	1.21	1.21	扩张连结	0.79	0.38	0.48	弱脱钩
山西	0.77	0.07	0.09	弱脱钩	1.15	0.86	0.75	弱脱钩	0.76	0.20	0.26	弱脱钩
内蒙古	0.87	0.38	0.44	弱脱钩	1.81	2.13	1.18	扩张连结	1.20	0.80	0.67	弱脱钩
辽宁	0.65	−0.03	−0.05	强脱钩	1.03	0.71	0.69	弱脱钩	0.96	0.32	0.33	弱脱钩
吉林	0.74	−0.07	−0.09	强脱钩	1.03	0.71	0.69	弱脱钩	1.07	0.45	0.42	弱脱钩
黑龙江	0.67	−0.07	−0.10	强脱钩	0.90	0.68	0.76	弱脱钩	0.87	0.30	0.34	弱脱钩
上海	0.91	0.20	0.22	弱脱钩	1.03	0.33	0.32	弱脱钩	0.64	0.13	0.20	弱脱钩
江苏	0.87	0.04	0.05	弱脱钩	1.20	1.41	1.18	扩张连结	0.91	0.43	0.47	弱脱钩
浙江	0.86	0.35	0.41	弱脱钩	1.18	1.28	1.08	扩张连结	0.71	0.15	0.21	弱脱钩
安徽	0.75	0.27	0.36	弱脱钩	0.95	0.53	0.56	弱脱钩	1.05	0.63	0.60	弱脱钩
福建	0.87	0.33	0.38	弱脱钩	1.03	1.74	1.69	扩张负脱钩	1.01	0.42	0.42	弱脱钩
江西	0.70	−0.08	−0.11	强脱钩	1.02	1.06	1.04	扩张连结	1.01	0.48	0.48	弱脱钩
山东	0.84	0.12	0.14	弱脱钩	1.21	2.05	1.69	扩张负脱钩	0.88	0.26	0.30	弱脱钩
河南	0.77	0.17	0.22	弱脱钩	1.06	1.50	1.42	扩张负脱钩	0.88	0.15	0.17	弱脱钩
湖北	0.73	0.11	0.15	弱脱钩	0.94	0.85	0.90	扩张连结	1.06	0.17	0.16	弱脱钩
湖南	0.73	−0.22	−0.30	强脱钩	0.92	1.56	1.70	扩张负脱钩	1.05	0.15	0.14	弱脱钩
广东	0.86	0.31	0.36	弱脱钩	1.22	0.95	0.78	弱脱钩	0.76	0.24	0.32	弱脱钩
广西	0.62	0.01	0.02	弱脱钩	1.02	1.23	1.21	扩张负脱钩	1.02	0.58	0.57	弱脱钩
海南	0.57	0.68	1.19	扩张连结	0.91	1.06	1.16	扩张连结	0.92	0.92	1.00	扩张连结
新四川	0.69	−0.09	−0.13	强脱钩	1.01	1.06	1.05	扩张连结	1.14	0.27	0.24	弱脱钩
贵州	0.65	0.25	0.38	弱脱钩	0.89	0.94	1.06	扩张连结	1.06	0.42	0.40	弱脱钩
云南	0.62	0.16	0.26	弱脱钩	0.81	1.59	1.96	扩张负脱钩	1.01	0.24	0.24	弱脱钩
陕西	0.83	−0.13	−0.16	强脱钩	1.04	1.54	1.48	扩张负脱钩	1.16	1.06	0.91	扩张连结
甘肃	0.76	0.05	0.07	弱脱钩	0.90	0.79	0.88	扩张连结	0.91	0.48	0.53	弱脱钩
青海	0.70	0.38	0.54	弱脱钩	1.00	1.22	1.22	扩张负脱钩	1.03	0.75	0.73	弱脱钩
宁夏	0.72	0.87	1.21	扩张负脱钩	0.95	0.99	1.04	扩张连结	0.96	1.17	1.22	扩张负脱钩
新疆	0.57	0.15	0.26	弱脱钩	0.85	0.87	1.02	扩张连结	0.85	1.64	1.93	扩张负脱钩
东部	0.84	0.13	0.15	弱脱钩	1.14	1.14	1.00	扩张连结	0.83	0.30	0.36	弱脱钩
中部	0.73	0.04	0.05	弱脱钩	0.99	0.96	0.97	扩张连结	0.97	0.26	0.27	弱脱钩
西部	0.70	0.10	0.14	弱脱钩	1.04	1.28	1.23	扩张负脱钩	1.08	0.66	0.61	弱脱钩
全国	0.79	0.09	0.11	弱脱钩	1.09	1.11	1.02	扩张连结	0.90	0.37	0.41	弱脱钩

(二)驱动因素分析

1.时间视角分析

从表 4 中可以发现能源消费碳排放与经济增长脱钩弹性主要受到能源强度效应分脱钩指数(t_1)和经济增长效应分脱钩指数(t_A)的影响,但是不能通过降低人均 GDP 促使能源消费碳排放与经济增长的脱钩,而应该通过降低能源强度来实现脱钩^[20]。而考虑到中国目前所处的发展阶段,降低能源强度面临着巨大的压力,在十三五期间应继续以促进产业升级调整产业结构为主线,同时加强节能技术的开发与推广,提升能源使用效率,从而实现碳排放与经济增长的脱钩。

能源结构效应分脱钩指数(t_s)和人口数量效应分脱钩指数(t_p)对碳排放与经济增长脱钩指数的影响较小。能源结构因素之所以对碳排放与经济增长

脱钩影响较小,主要是由于我国资源禀赋条件的限制,传统化石能源是我国一次能源消费的主体,特别是煤炭资源的消费比例居高不下,而风能、水能、太阳能等新型清洁能源的使用比例非常小,从而导致能源结构对脱钩的作用较小。观察人口数量效应分脱钩指数变化幅度及趋势可以发现,在 1996–2012 年这段时间中,其指数变化幅度很小,且呈现递减趋势,主要是原因这段时间内虽然总人口在增加但是变动幅度较小,增加速度减缓,所以对脱钩的抑制作用不明显。在 2012 年以后人口数量效应分脱钩指数有略微上升的趋势,再联系到当前全面放开二胎的政策,那么人口数量效应分脱钩指数势必会有一定幅度的提升,从而对碳排放与经济增长的脱钩产生一定的抑制作用。

1996 年-2014 年中国 GDP 与能源消费碳
表 4 排放脱钩驱动因素分解结果

年份	$t_{C,G}$	t_s	t_l	t_A	t_p
1996-1997	0.25	0.09	-0.80	0.87	0.09
1997-1998	-0.09	-0.15	-0.88	0.85	0.09
1998-1999	-0.02	-0.10	-0.88	0.86	0.09
1999-2000	-0.16	-0.30	-0.81	0.86	0.09
2000-2001	0.35	-0.35	-0.27	0.89	0.08
2001-2002	0.57	0.09	-0.49	0.91	0.07
2002-2003	0.92	-0.05	-0.03	0.93	0.06
2003-2004	1.18	0.12	0.06	0.96	0.05
2004-2005	1.15	-0.05	0.20	0.96	0.05
2005-2006	1.43	0.26	0.15	0.98	0.05
2006-2007	0.96	0.21	-0.24	0.96	0.04
2007-2008	0.53	-0.15	-0.30	0.93	0.04
2008-2009	0.39	-0.10	-0.48	0.92	0.04
2009-2010	0.47	-0.03	-0.47	0.93	0.04
2010-2011	0.71	0.02	-0.29	0.94	0.04
2011-2012	0.99	0.26	-0.27	0.96	0.04
2012-2013	0.27	-0.21	-0.49	0.92	0.05
2013-2014	-0.07	0.21	-1.24	0.90	0.05

为了进一步挖掘表 4 所描述的信息,通过图形来描绘其各种指数的变化趋势及之间的联系,具体如图 3 所示。从图 3 中可以发现能源强度效应分脱钩指数与碳排放与经济增长脱钩指数的变动趋势总体上保持一致,这又证明了碳排放与经济增长脱钩主要受到能源强度因素的影响,需要降低碳排放实现碳排放与经济增长的脱钩。而能源结构效应分脱钩指数呈现正负交替变动的趋势,通过能源结构调整将能源结构因素的负面作用转变为促进碳排放与经济增长脱钩的积极因素,实现低碳、可持续发展。而经济增长效应分脱钩指数与人口数量分脱钩指数对碳排放与经济增长的脱钩都具有抑制作用,其中经济增长因素的抑制作用非常明显,因此在保持经济增长情况下,进一步实现碳排放与经济增长的脱钩,需要改变原有粗放型经济发展模式,降低经济增长因素的抑制作用。

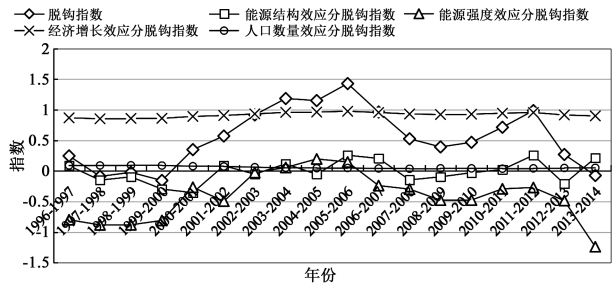


图 3 总脱钩指数与分脱钩指数变化趋势图

2.空间视角分析

中国能源消费碳排放与经济增长的脱钩空间视角分析依然按照脱钩特征分析过程中所采用的 1996-2002 年、2002-2008 年和 2008-2014 年这三个时间段利用 LMDI 因素分解法对中国各省的脱钩驱动因素进行微观层面分析,具体结果如表 5 所示。

从空间总体层面上来看,对 GDP 与碳排放脱钩产生主要影响作用的因素依然是能源强度效应和经济增长效应,而能源结构效应和人口数量效应对各省份实现经济增长与碳排放脱钩影响较弱。所以各省要实现经济增长与碳排放脱钩主要工作是要降低能源强度,但是能源强度存在极限,当能源强度降低到一定程度后就很难进一步促进经济增长与碳排放脱钩,这时需要通过发展新能源,调整能源结构实现脱钩。所以虽然目前能源结构因素对于经济增长与碳排放脱钩作用不大,但是其具有较好的发展空间,为进一步实现经济增长与碳排放脱钩具有重要作用。

从东部、中部和西部三大区层面来看,人口数量效应在三个时间段中对 GDP 与碳排放脱钩都表现出负面作用,尤其是在东部地区这种情况更为明显,这要是因为东部地区经济发展水平较高,吸引大量外来人口,从而导致能源消费碳排放的迅速增加。能源结构因素在三个时间段中都表现出正负交替变动的状态,且对 GDP 与碳排放脱钩作用总体较小,只有西部地区能源结构因素作用相对较高。在三个时段中能源结构效应分脱钩指数分别是-0.12、0.12 和 0.13,而且对 GDP 与碳排放的脱钩逐渐呈现负面作用。其主要原因是由于西部地区能源资源丰富,经济发展过度依靠煤炭等高排放能源,这种通过生产要素大量投入的粗放型经济增长方式对西部地区 GDP 与碳排放脱钩带来了产生了巨大的阻力。三大区能源强度效应分脱钩指数在三个时期内出现了较大的波动,在 2002-2008 年期间对 GDP 与碳排放脱钩的促进作用较小,西部地区甚至出现了负面作用。主要原因是这段时间中国城市化、工业化进程较快,以及增加投资扩大内需等一系列政策因素导致了该阶段能源强度出现明显变动,特别是西部地区 2000 年开展西部大开发战略,这一方面促进了经济发展,同时也导致了高排放、高污染的重大工程项目集中上位,从而导致了西部地区碳排放强度对脱钩产生了负面阻力。在三

个时间段中,三大区的经济发展因素对 GDP 与碳排放的脱钩一直产生了主要作用,但是并不能以降低经济发展速度为代价实现脱钩,只能通过调整产业结构、实现产业转型、升级,提升经济发展质量,从而促进 GDP 与碳排放的脱钩。

从各省市层面来看,本文在上文空间脱钩特征分析的基础上对脱钩状态具有显著特点的省市进行因素分解分析,包括新疆、海南、陕西、宁夏和北京。除了海南和新疆外其他地区在研究的三个阶段中其 GDP 与碳排放脱钩受到能源结构因素影响相比其他省市明显较大,但是影响有正有负。北京在三个阶段中的能源结构因素对 GDP 与碳排放脱钩都起到了积极的促进作用,这说明北京的能源结构较为合理,不再依赖传统煤炭资源而是大力发展新能源行业,促进能源结构多元化。而陕西和宁夏虽然能源结构因素对 GDP 与碳排放脱钩起到重要作用,但是作用呈现正负交替变动的趋势,其中陕西能源结构效应分脱钩指数从-0.2 到 0.34 再到 0.35,对陕西 GDP 与碳排放脱钩起到了严重的抑制作用,而宁夏能源结构效应分脱钩指数从 0.28 到-0.34 再到 0.53,呈现交替变动的特征,特别是第三阶段能源结构效应分脱钩指数达到

了 0.53,这对宁夏实现 GDP 与碳排放脱钩带来了巨大的压力。海南与新疆在第一、二阶段能源结构因素对 GDP 与碳排放脱钩影响较小,而在第三阶段都对 GDP 与碳排放脱钩起到了严重抑制作用。综合以上分析新疆、海南、陕西、宁夏这四省继续调整能源结构,大力发展太阳能、水能、风能等清洁能源。通过比较该五个地区的能源强度效应分脱钩指数发现北京的能源强度效应对 GDP 与碳排放脱钩一直都表现出积极的促进作用。海南的能源强度效应一直在改善,三阶段的分脱钩指数分别是 0.21、0.10 和-0.25,说明海南近阶段在改变经济发展模式,降低能源强度方面取得明显进展。新疆的能源强度对 GDP 与碳排放脱钩的抑制作用一直在增强,说明新疆要转变当前的经济发展方式,降低单位 GDP 能耗。而陕西、宁夏的能源强度呈现正负交替变动的现象,说明这些地区需要调整产业结构,降低对能源资源依赖。对于人口数量效应除陕西外北京、海南、宁夏和新疆的指数值相比其他地区都较高,这表明这些地区人口数量效应对 GDP 与碳排放的脱钩存在矛盾,而对于经济增长效应除北京外其他地区的指数值都较高,表明这些地区实现低碳经济发展面临着巨大压力。

表 5 中国各省 GDP 与能源消费碳排放脱钩驱动因素分解结果															
地方	1996-2002 年					2002-2008 年					2008-2014 年				
	t _{C,G}	t _S	t _I	t _A	t _P	t _{C,G}	t _S	t _I	t _A	t _P	t _{C,G}	t _S	t _I	t _A	t _P
北京	0.04	-0.22	-0.49	0.61	0.13	0.25	-0.15	-0.36	0.57	0.21	-0.15	-0.37	-0.50	0.39	0.33
天津	0.12	-0.02	-0.60	0.68	0.07	0.52	-0.01	-0.30	0.73	0.11	0.28	-0.21	-0.25	0.51	0.24
河北	0.18	-0.01	-0.59	0.73	0.05	1.21	-0.03	0.19	1.00	0.05	0.48	0.03	-0.42	0.79	0.08
山西	0.09	0.17	-0.84	0.69	0.08	0.75	-0.06	-0.11	0.88	0.04	0.26	-0.07	-0.48	0.72	0.10
内蒙古	0.44	-0.15	-0.26	0.79	0.06	1.18	0.00	0.11	1.04	0.02	0.67	0.30	-0.53	0.86	0.03
辽宁	-0.05	-0.20	-0.61	0.72	0.04	0.69	0.13	-0.34	0.88	0.03	0.33	0.01	-0.48	0.78	0.03
吉林	-0.09	-0.01	-0.80	0.67	0.05	0.69	0.01	-0.23	0.89	0.02	0.42	0.11	-0.51	0.82	0.01
黑龙江	-0.10	-0.12	-0.72	0.70	0.04	0.76	0.12	-0.29	0.93	0.00	0.34	0.04	-0.51	0.82	0.00
上海	0.22	-0.10	-0.46	0.58	0.20	0.32	-0.24	-0.22	0.56	0.24	0.20	-0.07	-0.56	0.56	0.26
江苏	0.05	-0.07	-0.62	0.69	0.05	1.18	0.04	0.09	0.99	0.06	0.47	0.03	-0.42	0.82	0.04
浙江	0.41	-0.07	-0.36	0.72	0.12	1.08	0.03	0.03	0.91	0.11	0.21	-0.16	-0.43	0.72	0.10
安徽	0.36	0.06	-0.54	0.81	0.03	0.56	0.02	-0.33	0.88	0.00	0.60	0.10	-0.37	0.90	-0.02
福建	0.38	-0.05	-0.40	0.75	0.08	1.69	0.23	0.28	1.11	0.08	0.42	-0.04	-0.37	0.78	0.05
江西	-0.11	-0.07	-0.76	0.69	0.04	1.04	-0.07	0.10	0.95	0.06	0.48	-0.01	-0.35	0.81	0.04
山东	0.14	-0.34	-0.28	0.72	0.05	1.69	0.46	0.04	1.15	0.05	0.30	0.06	-0.56	0.76	0.05
河南	0.22	-0.12	-0.46	0.74	0.07	1.42	0.22	0.07	1.15	-0.03	0.17	-0.08	-0.52	0.76	0.01
湖北	0.15	0.05	-0.69	0.82	-0.03	0.90	-0.12	0.05	0.96	0.01	0.16	-0.10	-0.48	0.72	0.02
湖南	-0.30	-0.11	-0.86	0.63	0.04	1.70	0.03	0.49	1.24	-0.07	0.14	-0.11	-0.48	0.68	0.05
广东	0.36	-0.08	-0.39	0.51	0.32	0.78	-0.13	-0.02	0.81	0.12	0.32	-0.04	-0.47	0.69	0.14
广西	0.02	-0.17	-0.60	0.70	0.08	1.21	-0.01	0.16	1.06	-0.01	0.57	0.05	-0.36	0.89	-0.01
海南	1.19	-0.04	0.21	0.82	0.22	1.16	0.04	0.10	0.94	0.10	1.00	0.27	-0.25	0.91	0.09
新四川	-0.13	-0.17	-0.68	0.77	-0.04	1.05	0.01	0.03	1.02	0.00	0.24	-0.06	-0.46	0.76	0.00
贵州	0.38	-0.18	-0.29	0.73	0.14	1.06	0.37	-0.34	1.08	-0.07	0.40	0.04	-0.46	0.86	-0.04
云南	0.26	-0.23	-0.35	0.71	0.12	1.96	0.49	0.25	1.12	0.11	0.24	-0.14	-0.39	0.73	0.04
陕西	-0.16	-0.20	-0.63	0.63	0.04	1.48	0.34	0.03	1.11	0.02	0.91	0.35	-0.41	0.95	0.02

续表 5

地方	1996-2002 年					2002-2008 年					2008-2014 年				
	t _{C,G}	t _S	t _I	t _A	t _P	t _{C,G}	t _S	t _I	t _A	t _P	t _{C,G}	t _S	t _I	t _A	t _P
甘肃	0.07	-0.02	-0.68	0.72	0.05	0.88	0.04	-0.12	0.95	0.01	0.53	0.05	-0.39	0.85	0.02
青海	0.54	0.04	-0.39	0.75	0.14	1.22	-0.01	0.19	0.98	0.08	0.73	-0.03	-0.16	0.86	0.06
宁夏	1.21	0.28	-0.12	0.87	0.18	1.04	-0.34	0.38	0.89	0.12	1.22	0.53	-0.37	0.95	0.11
新疆	0.26	-0.13	-0.45	0.62	0.23	1.02	0.00	0.03	0.83	0.18	1.93	0.49	0.23	1.07	0.15
东部	0.15	-0.13	-0.48	0.67	0.11	1.00	0.06	-0.05	0.91	0.09	0.36	-0.02	-0.46	0.74	0.09
中部	0.05	0.01	-0.71	0.73	0.04	0.97	0.01	-0.04	0.99	0.00	0.27	-0.04	-0.48	0.77	0.02
西部	0.14	-0.12	-0.53	0.75	0.05	1.23	0.12	0.05	1.05	0.02	0.61	0.13	-0.41	0.87	0.01
全国	0.11	-0.09	-0.56	0.70	0.07	1.02	0.05	-0.03	0.96	0.05	0.41	0.02	-0.45	0.80	0.04

四、结论及政策建议

本文将 Tapio 脱钩模型与 Kaya 恒等式和 LMDI 因素分解法相结合,基于时空视角对中国能源消费碳排放与经济增长的脱钩特征及驱动因素进行了全面分析。同时对脱钩状态变化异常的年份及省市从宏观发展角度与微观因素层面进行了详细分析。得到的结论如下:

第一,在时间视角对脱钩特征及驱动因素分析过程中,发现在 1996-2000 年时间段中国 GDP 与能源消费碳排放脱钩指标计算结果最为理想。从宏观发展角度看,该段时间由于“十五小”和“新五小”等规定的出台,促进了中国经济与碳排放的脱钩发展。从微观因素层面来看,该阶段能源强度效应分脱钩指数较低,对 GDP 与碳排放脱钩起到了主要作用。而在 2000 年以后的其他时间段中,总体的脱钩状态呈现为“M”型波动的状态,从 2012 年开始,中国关注生态发展,低碳战略进一步开展,能源强度不断下降,这些因素有效促进了碳排放与经济增长的脱钩。

第二,在空间视角对脱钩特征及驱动因素分析过程中,发现在研究的三个时段中中国总体脱钩状态变动特征为弱脱钩-扩张连结-弱脱钩,第二阶段出现波动的原因一方面是由该阶段大批重大工程项目集中上位,另一方面是由于粗放型经济增长模式虽然促进了经济飞速发展同时也使得能源强度提高,从而抑制 GDP 与碳排放脱钩。在中国三大区层面上,其脱钩状态特征,与全国总体特征基本相同,这说明了国家政策、经济发展模式对区域经济发展起到主要的影响作用。在个省市层面上,新疆、海南、陕西、宁夏和北京的脱钩状态具有明显特点,北京在研究的三个阶段中脱钩状态最佳,主要是因为北京的能源结构合理、能源强度较低,这些都是其呈

现良好脱钩状态的因素。而新疆、海南、陕西、宁夏等地区 GDP 与碳排放脱钩状态较差,主要原因是高排放、高污染的粗放型经济发展模式抑制了 GDP 与碳排放脱钩。

鉴于以上分析,对于全面促进中国能源消费碳排放与经济增长的脱钩,宏观层面是国家要深化改革,实施积极的低碳政策,促进高能耗、高污染企业改革,从源头是降低二氧化碳排放,实现碳排放与经济增长的脱钩。在微观层面,一方面,继续加大研发投入,降低能源强度;另一方面,由于能源强度存在极限,因此要进一步发挥能源结构、人口因素的积极作用,这方面将会是进一步减少二氧化碳排放,实现 GDP 与碳排放脱钩的研究热点。对于目前 GDP 与碳排放脱钩效果较差的地区,比如新疆、海南、陕西、宁夏等地,国家和地方都应将其 GDP 与碳排放脱钩作为工作重点,保证中国全面实现能源消费碳排放与经济增长的脱钩。

参考文献:

[1] Gao J., Wang J W., Zhao J. Decoupling of Transportation Energy Consumption from Transportation Industry Growth in China[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 43 : 33-42.

[2] Tang Z., Shang J., Shi C B., Liu Z., Bi K X. Decoupling indicators of CO₂ emissions from the tourism industry in China: 1990-2012[J]. Ecological Indicators, 2014, 46: 390-397.

[3] Wang W W., Liu R., Zhang M., Li H N. Decomposing the decoupling of energy-related CO₂ emissions and economic growth in Jiangsu Province[J]. Energy for Sustainable Development, 2013, 17: 62-71.

[4] Zhang M., Song Y., Su B., Sun X M. Decomposing the decoupling indicator between economic growth and energy consumption

tioninChina[J].Energy Efficiency,2015, 8:1231-1239.

[5]Ren S G.,Yin H Y.,Chen XH.Using LMDI to analyze the decoupling of carbon dioxide emissions by China's manufacturing industry[J].Environmental Development,2014,9:61-75.

[6]Zhang Y J.,Da Y B.The decomposition of energy-related carbon emission and its decoupling with economic growth in China[J].Renewable and Sustainable Energy Reviews,2015, 41:1255-1266.

[7]Tapio P. Towards a theory of decoupling:Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J].Transport Policy,2005,12(2):137-151.

[8]张华,王玲,魏晓平.能源的“波特假说”效应存在吗?[J].中国人口·资源与环境,2014,24(11):33-41.

[9]Intergovernmental Panel on Climate Change.2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory, Vol.2energy [EB/OL].http://www.ipccngip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_volume2/v2_1_ch1_Introduction_pdf, 2006-12-17.

[10]盖美,胡杭爱,柯丽娜.长江三角洲地区资源环境与经济增长脱钩分析[J].自然资源学报,2013,28(02):185-198.

[11]OECD.Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressures from Economic Growth [R].Paris:OECD, 2002.

[12]梁日忠,张林浩.1990年-2008年中国化学工业碳排放脱钩和反弹效应研究[J].资源科学,2013,35(02):268-274.

[13]朱婧,刘学敏,初钊鹏.低碳城市能源需求与碳排放情景分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(07):48-55.

[14]冯博,王雪青.中国各省建筑业碳排放脱钩及影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(04):28-34.

[15]关雪凌,周敏.城镇化进程中经济增长与能源消费的脱钩分析[J].经济问题探索,2015,(04):88-93.

[16]盖美,曹桂艳,田成诗,柯丽娜.辽宁沿海经济带能源消费碳排放与区域经济增长脱钩分析[J].资源科学, 2014,36(06):1267-1277.

[17]ANG B W.The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide[J].Energy Policy,2005,33(7):867-871.

[18]王淑纳.山东省碳排放与经济增长的脱钩关系及驱动因素[J].科技管理研究,2014,(16):242-248.

[19]彭佳雯,黄贤金,钟太洋,赵雲泰.中国经济增长与能源碳排放的脱钩研究[J].资源科学,2011,33(04):626-633.

[20]刘爱东,曾辉祥,刘文静.中国碳排放与出口贸易间脱钩关系实证[J].中国人口·资源与环境,2014,24(07):73-81.

(责任编辑:刘 军)

Decoupling and Driving Factors Analysis between the Energy Carbon Emissions and Economic Growth in China

SUN Yefei¹,ZHOU Min²

(1.School of Management and Economics,Beijing Institute of Technology,Beijing100081,China;
2.School of Management,China University of Mining and Technology,Xuzhou 221116,China)

Abstract: The decoupling relationship between energy carbon emission and economic growth and driving factors in China during 1996-2014 are analyzed by the combination of the Tapio decoupling index method, the Kaya equation and the LMDI factor decomposition method.The empirical results show that in the time series, China's decoupling effect of energy carbon emissions and economic growth is the best from1996 to 2000, and the decoupling status presents wave characteristics of M type after 2000. In space, the decoupling status of Xinjiang, Hainan, Shaanxi,Ningxia and Beijing has remarkable characteristics,so we carried on the thorough research on it. In the process of studying the driving factors,we find energy intensity and economic development are the main driving factors influencing the decoupling of GDP and carbon emissions, and the energy structure and population will be the main driving forces to further promote the decoupling of GDP and carbon emissions in future.

Key Words: Tapio decoupling model; Kaya identity; LMDI factorization; Carbon emission;Economic growth