

doi: 10.15936/j.cnki.1008-3758.2017.04.006

# 我国区域碳排放的收敛性研究

佟 昕<sup>1,2</sup>

(1. 中央财经大学 经济学院, 北京 100081; 2. 东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110169)

**摘 要:** 结合经济增长理论的收敛概念,对中国东部、中部和西部三大区域及全国区域范围碳排放的不同收敛性、动态演进特征及成因进行了分析。基于不同收敛模型分析中国三大区域及全国范围碳排放差异的收敛性,实证结果表明:随着时间的推移,中国不同区域的碳排放水平 $\sigma$ 收敛特征不同;不同区域的碳排放水平存在绝对 $\beta$ 特征;不同区域碳排放条件 $\beta$ 收敛分别具有不同的收敛路径。因此应该理性地认识中国不同区域碳排放差异的动态变动趋势,有针对性地提出差异性减排策略,更加快速实现全国范围的整体减排。

**关 键 词:** 区域碳排放; 收敛模型; 经济增长

**中图分类号:** F 061.5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1008-3758(2017)04-0364-07

## On the Convergence of China's Regional Carbon Emissions

TONG Xin<sup>1,2</sup>

(1. School of Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China;

2. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China)

**Abstract:** Based on the concept of convergence of economic growth theory, the different convergences, dynamic evolution characteristics and causes of regional carbon emissions in the eastern, central and western China were analyzed. Based on the different convergence models, the convergence of the three regional and national carbon emission differences was analyzed. The empirical results showed that the carbon emission levels in China's different regions take on different convergence characteristics over time. The carbon emission levels of different regions are characterized by absolute  $\beta$  and the  $\beta$  convergence conditioned by different regional carbon emissions takes different convergence paths. Therefore, a rational understanding should be given to the dynamic trend of China's regional differences in carbon emissions, and differentiated emission reduction strategies should be raised to achieve a more rapid overall emission reduction nationwide.

**Key words:** regional carbon emission; convergence model; economic growth

目前,碳排放问题已经成为气候问题的焦点,碳排放收敛问题也成为人们关注的重要内容。美国著名经济学家 Swan 提出了稳定状态下的长期

增长模型,指出经济增长最终会达到一个均衡稳态<sup>[1]</sup>。“经济增长收敛假说”认为生产规模报酬不变和要素投入的边际产出呈递减趋势<sup>[2]</sup>,将经济

收稿日期: 2016-11-05

基金项目: 河北省社会科学基金资助项目(HB16YJ002); 辽宁经济社会发展立项课题资助项目(2017lslktyb-074); 河北省高等学校科学研究资助项目(SZ16010); 中国博士后科学基金资助项目(2016M601240); 东北大学博士基金资助项目(XNB201704)。

作者简介: 佟 昕(1975-),女,辽宁沈阳人,中央财经大学博士后研究人员,东北大学讲师,主要从事区域经济学、低碳经济学、控制与决策研究。

增长要素融入到凯恩斯理论中比较实际的经济产出增长率和保有增长率,当两者相等的时候经济处于均衡状态<sup>[3]</sup>。Barro等学者进一步提出了收敛分为 $\delta$ 收敛、 $\beta$ 收敛和俱乐部收敛三种类型<sup>[4]</sup>。 $\delta$ 收敛主要用来衡量收入或产出标准差下降的过程; $\beta$ 收敛是用来衡量收入或产出增长率收敛的过程, $\beta$ 收敛又分为绝对 $\beta$ 收敛和条件 $\beta$ 收敛<sup>[5]</sup>。绝对 $\beta$ 收敛是指经济收入或产出的增长速度与初始水平呈现负相关关系<sup>[6]</sup>;条件 $\beta$ 收敛是指区域经济收敛不但受到经济发展初始水平的影响,还受到其他影响因素的作用<sup>[7]</sup>。

目前收敛理论的研究范围从开始的仅仅研究区域经济增长的收敛性正逐步扩展到很多领域的研究,但是基于不同区域碳排放收敛性的要素测度研究缺少系统性研究。本文借鉴新古典经济增长收敛假说的基本思想,针对中国区域碳排放收敛性问题进行系统分析。

## 一、区域碳排放收敛模型的构建

根据新古典经济增长收敛假说的基本思想,区域碳排放收敛是指初始碳排放水平较低的区域,其增长速度高于初始水平较高的区域,收敛主要分为 $\sigma$ 收敛、绝对 $\beta$ 收敛和条件 $\beta$ 收敛。

### 1. 碳排放 $\sigma$ 收敛

碳排放 $\sigma$ 收敛主要用来分析各个区域碳排放水平的离差,指的是各个区域碳排放水平的差距随着时间而逐步缩小,最终碳排放较低的区域追赶上碳排放较高的区域。区域碳排放的 $\sigma$ 收敛一般采用标准差指标表示为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( I_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \right)^2} \quad (1)$$

其中, $\sigma$ 代表标准差,表示碳排放偏离整体平均水平的程度; $I_i$ 表示第*i*区域的碳排放平均值; $n$ 为区域的个数。

### 2. 碳排放 $\beta$ 收敛

碳排放 $\beta$ 收敛是指碳排放水平较低的区域其碳排放增长的速度往往比碳排放水平较高的区域更快,分为绝对 $\beta$ 收敛和条件 $\beta$ 收敛。碳排放绝对 $\beta$ 收敛是指随着时间的推移,各个区域的碳排放水平收敛于一个共同的稳态值。

#### (1) 区域碳排放绝对 $\beta$ 收敛

区域碳排放绝对 $\beta$ 收敛的表达式如下所示:

$$\ln(I_{i,t+T}/I_{i,t})/T = a + b \ln(I_{i,t}) + u_{i,t} \quad (2)$$

其中, $I_{i,t}$ 表示第*t*期的碳排放水平值; $I_{i,t+T}$ 表示第*t+T*期的碳排放水平值; $\ln(I_{i,t+T}/I_{i,t})/T$ 表示从第*t*期到第*t+T*期碳排放的年平均增长率; $a$ 和**b**表示系数。当系数**b**为负值的情况下,并且通过了显著性水平检验,表示碳排放水平较低的区域比碳排放水平较高的区域拥有更大的增长率,换言之就是碳排放的增长速度与碳排放的初始值呈反比关系,因此表现为绝对 $\beta$ 收敛,是随机误差项。

为了保证计量经济回归分析的时间序列表现出连续性,同时能够最大限度地利用样本数据,这里假设  $T=1$ ,区域碳排放绝对 $\beta$ 收敛表达式如下所示:

$$\ln(I_{i,t+T}/I_{i,t}) = a + b \ln(I_{i,t}) + u_{i,t} \quad (3)$$

#### (2) 区域碳排放条件 $\beta$ 收敛

区域碳排放条件 $\beta$ 收敛考虑了不同区域的人口、经济增长、技术进步、城镇化率、产业结构、能源价格、国际贸易几个方面存在的差异,意味着不同区域的碳排放将收敛于各自的稳定状态。

在区域碳排放绝对 $\beta$ 收敛模型的基础上,加入适当的控制变量,将绝对 $\beta$ 收敛转换为条件 $\beta$ 收敛。区域碳排放条件 $\beta$ 收敛模型的表达式如下所示:

$$\ln(I_{i,t+T}/I_{i,t})/T = a + b \ln(I_{i,t}) + \sum_{k=1}^m \lambda_k X_{k,i,t} + u_{i,t} \quad (4)$$

其中, $I_{i,t}$ 表示第*t*期的碳排放水平值; $I_{i,t+T}$ 表示第*t+T*期的碳排放水平值; $\ln(I_{i,t+T}/I_{i,t})/T$ 表示从第*t*期到第*t+T*期碳排放的年平均增长率; $k$ 表示第*k*个控制变量的回归系数; $X_{k,i,t}$ 表示第*k*个控制变量; $u_{i,t}$ 是随机误差项。当系数**b**为负值,并且通过了显著性水平检验的情况下,表示碳排放水平出现了条件 $\beta$ 收敛态势。同样为了保证计量回归的时间序列表现出连续性,同时保证最大限度地利用样本数据,这里也假设  $T=1$ ,区域碳排放条件 $\beta$ 收敛的表达式如下所示:

$$\ln(I_{i,t+T}/I_{i,t}) = a + b \ln(I_{i,t}) + \sum_{k=1}^m \lambda_k X_{k,i,t} + u_{i,t} \quad (5)$$

## 二、变量选取、数据处理与实证方法

中国不同区域的碳排放水平存在显著的差

异,中国要实现低碳经济的整体可持续发展,就必须通过降低碳排放区域差异,快速实现全国整体的碳减排。

### 1. 碳排放影响因素变量确定

现有研究关于碳排放影响因素问题的研究分解为人口、能源消费强度、人均 GDP 等因素进行分析。有的学者运用拉氏指数分解法将我国碳排放影响因素分解为人口、能源消费强度、人均 GDP、能源消费结构、能源利用效率和能源强度等因素,实证结果显示优化能源消费结构、产业结构及提高能源利用效率都将降低二氧化碳排放<sup>[8]</sup>,经济增长对人均二氧化碳排放的贡献率呈指数增长<sup>[9]</sup>。Dhakal 等学者研究发现人均 GDP 增加是人均碳排放增加的主要驱动因素,单位 GDP 能源消耗降低是抑制人均碳排放增加的主要因素<sup>[10-12]</sup>。范体军和骆瑞玲等学者采用对数均值迪氏因素分解方法分析了我国化学工业二氧化碳排放变化的因素,研究结果显示,经济活动和能源强度下降是影响化工行业的二氧化碳排放的两个最重要因素<sup>[13]</sup>。张利、宋德勇等学者采用对碳排放总量进行因素分解,结果显示经济增长是碳排放的上升的主要因素<sup>[14-15]</sup>。何维达和张凯从控制我国钢铁工业的增长速度、增加清洁能源比例、进行技术创新三个方面进行分析<sup>[16]</sup>。

本文的实证研究在吸收前人研究精华的基础上,指标选取侧重于能源价格,并增加了国际贸易影响因素。

### 2. 碳排放影响因素指标选择

对于区域碳排放问题的研究主要从人口、经济发展、技术进步、城镇化率、产业结构、能源价格、国际贸易七个方面设定影响区域碳排放的因素变量指标。各影响因素的变量指标选取如下。

#### (1) 人口( $P$ )

关于人口的衡量指标,根据本研究的需要本文采用中国各地区年末人口总数来表示。

#### (2) 经济增长( $A$ )

采用国内生产总值数据代表经济增长指标,并将国内生产总值数据根据 2000 年为基期的不变价格进行调整来消除价格波动的影响。

#### (3) 技术进步( $T$ )

技术进步主要体现在创新的活动中,参考国内外学者的文献,采用专利授权的数据作为技术进步的评价指标。

#### (4) 城镇化率( $U$ )

城镇化水平也是影响碳排放的重要因素,城市是各种资源的集中地,同时也是能源消耗和碳排放的集中地。城镇化率指标采用城镇人口占总人口的比率<sup>[17]</sup>。

#### (5) 产业结构( $S$ )

不同的产业部门能源消耗的类型和结构是不同的,从而导致碳排放也不相同。针对中国目前经济发展的阶段性特征,产业结构指标用第二产业国内生产总值占总的国内生产总值比例来代替<sup>[18]</sup>。

#### (6) 能源价格( $E$ )

能源价格作为影响能源消费的因素,能够影响碳排放的变化。在我国,能源消费支出的主要成本是原材料、燃料、动力的购进价格,参考吴玉鸣等的研究方法,采用各个省域的原材料、燃料、动力价格指数来替代能源价格指标<sup>[19]</sup>。

#### (7) 国际贸易( $EX$ )

参考现有文献的做法选用出口额占国内生产总值比重即出口依存度来反映国际贸易中出口贸易的发展水平。

### 3. 研究样本和数据来源

本文对中国全国层面和东部、中部和西部三大区域的样本数据进行研究,面板数据研究的时间序列设定为 2000—2012 年。本研究中用到的数据来源于 2000—2013 年各年度的《中国统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》等资料,部分缺失的数据来源于中国统计局国家官方网站和本研究中碳排放相关数据测算结果,与国内生产总值相关的数据都根据 2000 年为基期的不变价格进行调整来消除价格波动的影响。

## 三、中国区域碳排放收敛实证研究

### 1. 中国区域碳排放 $\sigma$ 收敛分析

根据表 1 全国及三大区域碳排放的标准差测算结果,我们可以寻找中国区域碳排放差异的发展变化规律。

首先,从全国层面来分析中国区域碳排放标准差变化趋势。从 2000—2012 年呈现出逐年上升的趋势,例如 2000 年的标准差是 1 961.585 0,之后逐年扩大,到 2012 年已经扩大到 5 745.618 3,这说明从全国层面来看,2000—2012 年中国省域间碳排放不存在  $\sigma$  收敛的趋势。

表 1 全国及三大区域碳排放  $\sigma$  收敛统计值

年份	全国范围	东部区域	中部区域	中部区域
2000	1 961.585 0	7 452.528 1	1 789.022 1	2 647.732 1
2001	2 034.448 3	7 795.017 8	1 842.521 3	2 543.163 2
2002	2 273.201 7	8 421.703 2	2 342.322 4	2 783.671 4
2003	2 555.817 9	9 606.097 4	2 601.015 4	3 622.632 6
2004	3 024.936 0	11 581.512 0	2 949.937 9	4 805.106 6
2005	3 734.946 7	14 862.784 9	3 483.834 9	5 471.704 6
2006	4 266.394 2	16 650.558 0	3 952.409 8	8 853.228 2
2007	4 513.716 2	18 221.019 7	4 122.605 9	7 248.396 1
2008	4 659.409 5	19 053.344 9	3 920.354 4	8 776.135 4
2009	4 772.377 9	28 328.117 4	3 820.958 9	9 583.275 1
2010	5 110.720 9	21 084.449 8	4 046.282 3	10 562.710 2
2011	5 621.497 8	22 668.704 7	4 407.662 0	13 419.638 1
2012	5 745.618 3	23 489.718 5	4 332.232 3	14 414.176 1

然后,从区域层面来分析中国区域碳排放标准差变化趋势。东部区域 11 个省域的碳排放标准差在 2000—2009 年间逐年增大,呈现为  $\sigma$  发散的趋势,2010 年明显下降,出现了  $\sigma$  收敛的现象,到 2011 年碳排放标准差又有所增加,证明东部区域碳排放绝对差异出现了波动变化;中部区域碳排放差异从 2008 开始收敛,然后到 2011 年才超过 2007 年的发展趋势,差异值从 2000 年 1 789.022 1 增加到 2007 年的 4 122.605 9,并且从 2008 年开始下降到 2009 年的 3 820.958 9,然后从 2010 年开始增长到 2012 年的 4 332.232 3,呈现局部  $\sigma$  收敛的趋势;西部区域 11 个省域的碳排放标准差在 2000—2006 年间一直处于不断增大的趋势,但是 2007 年出现了  $\sigma$  收敛的现象,并

且从 2008 年到 2012 年一直呈现  $\sigma$  发散的趋势。可以看出三大区域碳排放的标准差变化曲线总体都呈上升的趋势,并且表现为“总体发散,局部收敛”的演变特征。东部区域碳排放的标准差远远高于其他两个区域的碳排放标准差,这就证明东部区域碳排放差异大于其他两个区域。中部和西部区域中,西部区域碳排放标准差较大,表明西部区域的碳排放差异大于中部区域。

2. 中国区域碳排放绝对  $\beta$  收敛分析

采用区域碳排放绝对  $\beta$  收敛回归模型(3)式对中国全国层面和东部、中部和西部区域的区域碳排放的绝对  $\beta$  收敛性进行检验(检验结果分别如表 2 所示)。

表 2 全国及三大区域碳排放绝对  $\beta$  收敛回归结果

变量	全 国	东 部	中 部	西 部
$a$	1.568 7(0.000 0)	1.195 8(0.000 8)	2.882 8(0.000 0)	2.566 9(0.000 0)
$b$	-0.179 3(0.000 0)	-0.133 0(0.001 8)	-0.327 9(0.000 0)	-0.311 4(0.000 0)
$R^2$	0.360 2	0.389 1	0.571 8	0.368 6
$F$	15.903 9(0.000 1)	7.536 7(0.006 9)	3.1680(0.078 3)	0.992 8(0.337 1)
DW	1.954 7	2.086 1	1.829 0	1.765 0
模型检验	15.647 7(0.000 1)	7.440 9(0.006 4)	3.182 1(0.074 5)	0.939 1(0.332 5)
模型	固定模型	固定模型	混合模型	混合模型

根据表 2 可以看出,全国范围期初碳排放系数估计值为 -0.179 3,通过了 1% 的显著性水平检验,说明期初碳排放水平与其增长率成反比,证明我国在全国层面区域碳排放存在绝对  $\beta$  收敛。可以看出从全国层面区域碳排放存在绝对  $\beta$  收敛,也就是说,我国各省域的碳排放存在趋于共同的水平。区域层面碳排放系数估计中,东部、中部和西部期初碳排放系数估计值分别为 -0.133 0、

-0.327 9 和 -0.311 4,分别通过了 1% 的显著性水平检验,东部、中部和西部区域也分别表现出显著的对  $\beta$  收敛,证明这三个区域内部的碳排放差异再减小,这也是说邻近区域的碳排放水平趋于稳定收敛。

3. 中国不同区域碳排放条件  $\beta$  收敛分析

(1) 全国层面条件  $\beta$  收敛检验

根据全国范围的区域碳排放条件收敛估计结



果(见表 3),不同影响因素的估计系数都为负数,证明我国碳排放存在条件收敛。从影响因素的系数来检验的时候,发现人口、技术进步和产业结构对碳排放收敛通过显著性检验,但是经济增长、城

镇化率、能源价格和国际贸易变量没有通过显著性检验,证明这些影响因素对中国碳排放条件收敛的作用不显著,不是我国范围区域碳排放条件收敛的原因。

表 3 全国层面碳排放  $\beta$  收敛回归结果

变量	$\ln P$	$\ln A$	$\ln T$	$\ln U$	$\ln S$	$\ln E$	$\ln EX$
$a$	3.406 3 (0.002 5)	1.375 5 (0.025 7)	2.161 3 (0.000 0)	1.602 3 (0.000 0)	1.059 4 (0.000 1)	2.058 1 (0.034 9)	1.624 0 (0.000 0)
$b$	-0.193 3 (0.000 0)	-0.181 5 (0.000 0)	-0.194 7 (0.000 0)	-0.177 1 (0.000 0)	-0.243 0 (0.000 0)	-0.178 9 (0.000 0)	-0.181 0 (0.000 0)
$\lambda$	-0.211 8 (0.093 9)	0.025 0 (0.732 8)	-0.057 3 (0.004 7)	-0.136 8 (0.754 0)	0.269 7 (0.000 3)	-0.105 7 (0.603 6)	-0.018 1 (0.384 2)
$R^2$	0.365 8	0.360 4	0.376 1	0.360 4	0.386 0	0.360 7	0.361 7
$F$	8.961 8 (0.000 2)	8.896 0 (0.000 2)	12.074 3 (0.000 0)	15.835 0 (0.000 0)	8.870 4 (0.000 2)	8.047 9 (0.000 4)	4.027 7 (0.000 0)
DW	1.944 5	1.951 6	1.956 1	1.957 2	1.925 2	1.959 3	1.956 9
模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型

(2) 东部区域条件  $\beta$  收敛检验

根据表 4 中东部区域的单个变量碳排放条件收敛估计结果,不同影响因素的估计系数也都为负数,证明当只考虑单一的影响因素变量的时候,我国东部区域碳排放存在条件收敛。技术进步、城镇化率、产业结构变量是促进东部区域条件收

敛的因素,证明东部区域技术进步取得一定的进展,产业结构相对较好,能源价格能够起到调节碳排放差异收敛的作用。人口、经济增长、能源价格和国际贸易变量没有通过显著性检验,证明这些影响因素对东部区域的碳排放条件收敛的作用不显著。

表 4 东部区域碳排放  $\beta$  收敛回归结果

变量	$\ln P$	$\ln A$	$\ln T$	$\ln U$	$\ln S$	$\ln E$	$\ln EX$
$a$	3.406 2 (0.144 3)	2.684 6 (0.105 5)	2.119 3 (0.000 1)	0.737 5 (0.065 9)	0.418 8 (0.312 3)	0.900 5 (0.670 0)	1.633 5 (0.000 1)
$b$	-0.158 4 (0.001 7)	-0.137 9 (0.001 3)	-0.152 1 (0.000 4)	-0.199 4 (0.000 1)	-0.257 2 (0.000 0)	-0.132 6 (0.001 9)	-0.139 0 (0.001 0)
$\lambda$	-0.244 7 (0.336 6)	-0.160 6 (0.356 5)	-0.083 8 (0.017 5)	0.256 4 (0.026 3)	0.475 2 (0.001 8)	0.062 8 (0.887 3)	-0.117 4 (0.056 4)
$R^2$	0.394 3	0.393 9	0.420 4	0.416 5	0.441 9	0.389 2	0.409 4
$F$	12.038 0 (0.000 0)	3.873 3 (0.023 2)	6.743 7 (0.001 6)	12.365 8 (0.000 0)	5.746 1 (0.004 1)	4.223 5 (0.016 7)	3.255 8 (0.016 7)
DW	2.052 8	2.092 8	2.083 1	2.142 4	2.039 6	2.082 8	2.096 3
模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型

(3) 中部区域条件  $\beta$  收敛检验

根据中部区域的单个变量碳排放条件收敛估计结果(见表 5),可以判断我国中部区域碳排放存在条件收敛。但是这些影响因素对东部区域的

碳排放条件收敛的作用不显著,因此应该加快中部区域低碳技术发展,促进低碳技术创新,加快中部低碳经济发展。

表 5 中部区域碳排放  $\beta$  收敛回归结果

变量	$\ln P$	$\ln A$	$\ln T$	$\ln U$	$\ln S$	$\ln E$	$\ln EX$
$a$	4.665 3 (0.210 1)	3.305 3 (0.001 0)	2.770 5 (0.000 0)	2.885 0 (0.000 0)	2.862 6 (0.000 0)	0.463 2 (0.440 9)	0.649 0 (0.001 2)
$b$	-0.346 0 (0.000 0)	-0.314 0 (0.000 1)	-0.336 2 (0.000 0)	-0.327 2 (0.000 1)	-0.337 7 (0.000 0)	-0.068 5 (0.004 5)	-0.065 3 (0.005 4)

续表 5

变量	lnP	lnA	lnT	lnU	lnS	lnE	lnEX
$\lambda$	-0.191 6 (0.626 1)	-0.062 9 (0.581 9)	0.022 7 (0.404 5)	-0.002 2 (0.985 9)	0.026 8 (0.767 6)	0.043 0 (0.748 2)	-0.007 4 (0.788 5)
$R^2$	0.573 2	0.573 6	0.575 8	0.571 8	0.572 3	0.111 3	0.111 0
$F$	2.210 8 (0.115 3)	1.776 8 (0.174 9)	2.108 9 (0.127 1)	3.462 9 (0.035 4)	2.017 2 (0.138 8)	1.197 5 (0.209 8)	1.193 6 (0.309 6)
DW	1.990 3	1.854 3	1.808 9	1.829 8	1.813 3	1.697 8	1.683 7
模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型	混合模型	混合模型

(4) 西部区域条件  $\beta$  收敛检验

根据西部区域的单个变量碳排放条件收敛估计结果(见表 6),可以判断我国西部区域碳排放存在条件收敛。经济增长和城镇化率影响因素对

西部区域碳排放收敛通过了显著性检验,证明经济增长和城镇化发展对西部区域的碳排放条件收敛的作用显著,证明西部开发的合理性和重要性。

表 6 西部区域碳排放  $\beta$  收敛回归结果

变量	lnP	lnA	lnT	lnU	lnS	lnE	lnEX
$a$	-0.707 9 (0.786 3)	1.079 6 (0.159 0)	0.561 7 (0.001 8)	3.100 4 (0.000 0)	1.984 1 (0.003 8)	3.496 3 (0.019 0)	2.559 1 (0.000 0)
$b$	-0.053 9 (0.003 0)	-0.411 6 (0.000 0)	-0.086 9 (0.017 9)	-0.321 1 (0.000 0)	-0.336 1 (0.000 0)	-0.310 4 (0.000 0)	-0.310 8 (0.000 0)
$\lambda$	0.158 5 (0.646 2)	0.292 0 (0.013 5)	0.032 3 (0.191 4)	-0.127 5 (0.021 9)	0.203 7 (0.206 6)	-0.210 2 (0.503 0)	0.001 9 (0.948 8)
$R^2$	0.135 1	0.403 5	0.146 0	0.398 7	0.377 9	0.371 2	0.368 6
$F$	1.164 5 (0.315 3)	0.794 4 (0.454 0)	1.233 5 (0.294 7)	0.469 0 (0.626 7)	0.679 7 (0.508 6)	0.482 2 (0.618 6)	1.335 2 (0.266 7)
DW	1.891 0	1.701 5	1.864 2	1.826 9	1.762 6	1.782 6	1.764 9
模型	混合模型	固定模型	混合模型	固定模型	固定模型	固定模型	固定模型

四、结论与建议

本文通过引入新古典增长理论中的收敛理论,建立了碳排放的  $\sigma$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛理论来分析区域碳排放差异问题,具体包括以下几个方面。

(1) 参考经济收敛假说的  $\sigma$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛模型,根据现有文献热点和重点确定导致区域碳排放差异的影响因素,并利用测算的区域碳排放数据,建立了碳排放的  $\sigma$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛模型。对全国范围及东部、中部和西部区域碳排放的  $\sigma$  收敛进行研究,结果显示全国范围及东部、中部和西部区域碳排放都呈现“整体发散,局部收敛”态势。

(2) 对全国范围及东部、中部和西部区域碳排放进行绝对收敛分析,研究发现中国全国范围和东部、中部和西部区域都存在绝对  $\beta$  收敛现象。证明我国区域减排取得一定的成效,并且值得继续通过区域控制碳排放从而实现总体碳减排。

(3) 在分别考虑不同影响因素对区域碳排放进行条件  $\beta$  收敛检验,研究发现技术进步和城镇化率对全国范围的碳排放收敛起到显著作用,东部区域技术进步、城镇化率、产业结构对区域碳排放条件收敛具有显著作用,西部区域经济增长和城镇化率是碳排放条件收敛的主要因素。可以看出,不同区域碳排放的影响因素作用不同,应该根据不同区域的特征快速实现区域内的碳减排;同时也可以看出我国加快技术进步和城镇化建设的重要性。

参考文献：

[1] Swan W. Economic Growth and Capital Accumulation [J]. Economic Record, 1956,32(2):334-661.  
[2] Solow M R. A Contribution to the Theory of Economic Growth[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1956, 70(1):65-94.  
[3] Domar E D. Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment[J]. Econometrica, 1946,14(2):137-147.  
[4] Barro R. Macroeconomics[M]. New York: Wiley, 1984.  
[5] Knapp T R,Mookerjee R. Population Growth and Global

CO<sub>2</sub> Emissions[J]. Energy Policy, 1996,24(1):31-37.

[ 6 ] Barro R J, Blanchard O J, Hall R E. Convergence Across States and Regions[J]. Brooking Papers on Economic Activity, 1991(1):107-182.

[ 7 ] Galor O. Convergence? Inferences from Theoretical Models[J]. The Economic Journal, 1996, 106: 1056-1069.

[ 8 ] 王俊松,贺灿飞. 能源消费、经济增长与中国 CO<sub>2</sub> 排放量变化——基于 LMDI 方法的分解分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010,19(1):18-23.

[ 9 ] Wu Libo, Kaneko S J, Matsuoka S J. Driving Forces Behind the Stagnancy of China's Energy-related CO<sub>2</sub> Emissions from 1996 to 1999: The Relative Importance of Structural Change, Intensity Change and Scale Change[J]. Energy Policy, 2005,33(3):319-335.

[10] Dhakal S, Shinji K, Hidefumi I. CO<sub>2</sub> Emissions from Energy Use in East Asian Mega-cities: Driving Factors and Their Contributions [J]. Environmental Systems Research, 2003,31(2):209-216.

[11] 李磊,刘继. 基于对数平均迪氏指数法分解的工业二氧化碳强度驱动因素分析——以新疆为例[J]. 生态经济, 2011(4):34-38.

[12] 赵爱文,李东. 中国碳排放的 EKC 检验及影响因素分析[J]. 科学与科学技术管理, 2012,33(10):107-115.

[13] 范体军,骆瑞玲,范耀东. 我国化学工业二氧化碳排放影响因素研究[J]. 中国软科学, 2013(3):166-174.

[14] 张利,雷军,张小雷. 1952—2008 年新疆能源消费的碳排放变化及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2012,34(1):42-49.

[15] 宋德勇,卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009,19(3):18-24.

[16] 何维达,张凯. 我国钢铁工业碳排放影响因素分解分析[J]. 工业技术经济, 2013(1):3-10.

[17] 佟昕,陈凯,李刚. 国际贸易与碳排放的空间维度溢出——基于中国 30 个省域数据的空间计量验证[J]. 经济管理, 2014(11):14-24.

[18] 林伯强,刘希颖. 中国城市化阶段的碳排放:影响因素和减排策略[J]. 经济研究, 2010(8):66-78.

[19] 吴玉鸣,李建霞. 中国省域能源消费的空间计量经济分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2008,18(3):93-98.

(责任编辑:王 薇)

(上接第 363 页)

[10] 朱平芳,徐伟民. 政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响——上海市的实证研究[J]. 经济研究, 2003(6):45-53.

[11] 李丽青. 我国现行 R&D 税收优惠政策的有效性研究[J]. 中国软科学, 2007(7):115-120.

[12] 白俊红. 中国的政府 R&D 资助有效吗? 来自大中型工业企业的经验证据[J]. 经济学(季刊), 2011(4):1375-1399.

[13] Bizan O. The Determinants of Success of R&D Projects: Evidence from American-Israeli Research Alliances[J]. Research Policy, 2003,32(9):1619-1640.

[14] Piekola H. Public Funding of R&D and Growth: Firm-level Evidence from Finland[J]. Economics of Innovation & New Technology, 2007,16(3):195-210.

[15] Wallsten S J. The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research Program[J]. Rand Journal of Economics, 2000,31(1):82-100.

[16] 唐清泉,卢珊珊,李懿东. 企业成为创新主体与 R&D 补贴的政府角色定位[J]. 中国软科学, 2008(6):88-98.

[17] 李苗苗,肖洪钧,傅吉新. 财政政策、企业 R&D 投入与技术创新能力——基于战略性新兴产业上市公司的实证研究[J]. 管理评论, 2014(8):135-144.

[18] 解维敏,唐清泉,陆姗姗. 政府 R&D 资助、企业 R&D 支出与自主创新——来自中国上市公司的经验证据[J]. 金融研究, 2009(6):86-99.

[19] 伍德里奇. 计量经济学导论:现代观点[M]. 费剑平,译. 北京:中国人民大学出版社, 2003.

(责任编辑:王 薇)