

# 基于EBA模型的中国碳排放稳健性影响因素研究

王立平, 张海波, 刘 云

(合肥工业大学经济学院, 安徽 合肥 230601)

**摘要:** 依据环境经济学理论, 运用极值边界分析(the extreme bounds analysis, EBA)模型, 拓展了Kaya恒等式, 利用中国30个省际区域2001~2010年的面板数据, 实证研究中国省际区域人均碳排放量“稳健性”的影响因素。结果表明, 地方财政决算支出、产业结构、能源效率、能源消费结构、能源价格、客运量等6个因素对中国人均碳排放量具有抗干扰的“稳健性”显著影响, 并根据实证结论提出了一些政策建议, 如调整产业结构, 控制高碳产业发展; 优化能源消费结构, 积极发展新能源和可再生能源; 发展循环经济开发清洁技术, 提高能源利用效率; 提倡低碳生活, 提倡低碳生活方式。这些建议为政府制定环境保护与经济发展政策提供经验证据和决策参考。

**关 键 词:** 二氧化碳排放; 极值边界分析(EBA); “稳健性”检验

**中图分类号:** F061.5; X196

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0690(2014)01-0047-07

中国经济增长方式一直以粗放型增长为主, 能源和资源依赖度较高, 单位GDP能耗和主要工业品能耗均远远高于发达国家的平均水平。伴随着经济的不断增长, 能源消耗也急剧增加, 中国能源消费总量从1978年的5.71亿t标准煤增加到2011年的34.78亿t标准煤, 增长了6倍。“十二五”规划纲要指出, 尽快将工作重心转到“转方式”和“调结构”上来, 实现由“粗放增长”向“优质发展”的转变。目前, 中国正处于国民经济转型发展的关键时期, 正确处理好碳减排和经济发展的关系就变得尤为重要。

碳排放影响因素的研究最早要追溯到Grossman和Krueger<sup>[1]</sup>的研究, 他们在分析北美自由贸易区协议(NAFTA)的环境效应时, 第一次实证研究环境—收入倒“U”型曲线关系的存在, 并将经济增长、收入变化对环境质量的影响分解为3类效应: 规模效应、结构效应和技术效应。此后关于碳排放影响因素的研究大多沿着他们的研究思路展开: ① 倒“U”型关系假说研究<sup>[2-6]</sup>; ② 因素分解方法研究<sup>[7-9]</sup>; ③ 主要影响因素分析, 包括贸易<sup>[10]</sup>、外商直接投资<sup>[11]</sup>、人口规模和技术革新<sup>[12]</sup>、能源消费<sup>[13]</sup>、政治和法律因素<sup>[14]</sup>、城市化发展阶段<sup>[15]</sup>等。

采用不同方法得出的结论不尽相同。究其原因, 一方面, 学者们一般都采用单方程模型, 但随着其他解释变量的引入, 这种单变量回归的“显著”关系往往会发生改变(变为“不显著”), 研究结论让人难以置信; 另一方面, 在进行回归分析由于使用了受“污染”的统计数据, 不可避免地受到多重共线性、极端值和变量选择等因素的影响, 导致研究结论解释经济现象的能力大打折扣。在探讨抗干扰的“稳健性(Robust)”的显著关系方面, 极值边界分析模型(the extreme bounds analysis, EBA模型)给出了比较满意的解决方法<sup>[16]</sup>。在传统回归模型的基础上, 利用不同条件信息集下多次遍历式回归的统计分布, 依据概率原则构造检验统计量, 随着条件信息集的逐步改变, EBA模型对回归系数进行灵敏性分析, 检验目标变量回归系数的“稳健性”, 探索抗干扰的“稳健性”的显著关系。EBA模型所得出的结果不是一个统计量, 而是一个统计分布, 这种回归结果具有超越传统回归结果的显著性、统计性和渐进一致性。本文估算中国30个省际区域2001~2010年的人均碳排放量, 并以其作为研究对象, 拓展了Kaya恒等式, 运用EBA模型研究碳排放量的“稳健性”影响因素, 并

收稿日期: 2013-03-04; 修订日期: 2013-08-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(71073045)、教育部人文社科规划基金(12YJA790135)、安徽省自然科学基金(11040606M18)资助。

作者简介: 王立平(1968-), 男, 安徽肥西人, 博士, 副教授, 主要从事区域经济增长与环境经济研究。E-mail: wlphfgd@163.com

得出相关的实证结论,揭示中国区域环境污染与经济增长的一般规律,为政府制定环境保护与经济发展政策提供经验证据和决策参考。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 Kaya 恒等式

20 世纪 80 年代以来,国内外许多研究人员相继开发了许多模型用以定量分析 CO<sub>2</sub> 的排放<sup>[9-12]</sup>。在已存在的众多模型中,Kaya 恒等式<sup>[17]</sup>是其中应用最广的几个模型之一。

Kaya 碳排放恒等式如下:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \frac{E_i}{E} \times \frac{C_i}{E_i} \times \frac{E}{Y} \times \frac{Y}{P} \times P \quad i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中, $C$  为碳排放量; $i$  为消费能源的种类; $C_i$  为  $i$  种能源的碳排放量; $E$  为一次能源的消费量; $E_i$  为对  $i$  种能源的消费量; $Y$  为国内生产总值(GDP); $P$  为人口数量。本文定义:能源结构因素  $S_i=E_i/E$ , 即  $i$  种能源在一次能源消费量中所占的比重;各类能源的碳排放强度  $F_i=C_i/E_i$ , 即消费单位  $i$  种能源的碳排放量;能源效率因素  $I=E/Y$ , 即单位 GDP 的能源消耗;经济发展因素  $R=Y/P$ , 即人均 GDP。这样,人均碳排放量的变化就来源于能源消费结构,能源排放强度,能源效率以及经济增长的变化。

随着中国经济的发展,城市化进程的加快,农村人口转移到城市,能源需求和碳排放快速增加,交通发展对碳排放的影响逐渐加大。此外,国家出台一系列相关政策来保护环境,对碳排放的增加也有一定的遏制作用。为了更准确分析现阶段中国能源需求和碳排放影响因素,本文将 Kaya 恒等式进行拓展,将城市化水平、交通因素以及清洁技术水平等影响因素补充进来,弥补 Kaya 恒等式分解无法有效反映城市化经济发展的阶段性特征和相关问题这一缺憾。本文选取了经济因素、产业因素、能源因素、交通因素和技术因素 5 类影响因素。其中,经济因素包括地方财政决算支出、贸易开放度、外商直接投资以及城市化水平;能源因素包括能源结构、能源消费结构以及能源价格;产业结构因素包括产业结构;交通因素包括货运量及客运量,技术因素包括清洁技术水平。

① 地方财政决算支出(LFS)。一方面,地方财政支出中用于基础设施建设的支出会导致大量能源消耗,会增加碳排放。另一方面,地方政府财政

支出中用于污染防治、环境保护的支出则有利于减少碳排放。② 贸易开放度(TO)。用各省历年人民币价格表示的进出口总额占该省地区生产总值的比例表示。贸易开放度对碳排放的影响比较复杂,一方面贸易开放度越高,经济规模的扩大必将提高自然资源的使用水平,增加生产要素的投入和能源的使用从而使碳排放增加。另一方面,贸易自由化所带来的技术进步会是生产者对环境资源的依赖性减少,提高资源的使用效率,从而减少碳排放。③ 外商直接投资(FDI)。本文使用实际使用外商直接投资的人民币价格表示。一方面,如果外商是由于本国实施更加严格的环境标准与法规,而将污染密集型和能源密集型企业向中国转移,使中国成为发达国家的碳排放的“污染避难所”,则外商直接投资会增加碳排放。另一方面,如果外资企业采用的是先进清洁的技术设备,则有利于节约能源,或者在全球范围内执行统一的环境标准,则外商直接投资会减少碳排放。④ 城市化水平(CSH)。城市化的推进需要进行大规模的基础设施建设,需要消耗大量的钢铁和水泥,从而产生大量的碳排放。同时城市化的发展会提高人们的收入水平,使人们对清洁环境的偏好增加,提高环保意识,人们愿意支付更多的货币购买以对环境负责的方式生产出来的产品,这样各国将实施更加严格的环境标准与法规,使单位产品对环境的污染程度下降,促使环境改善。⑤ 产业结构(IS)。用第二产业的比重表示,即第二产业增加值占地区生产总值的比重。以工业为代表的第二产业往往比农业为代表的第一产业和服务业为代表的第三产业的能源消耗高很多,因而在产业规模相同的条件下,如果第二产业所占比重较大,那么碳排放量也较大。⑥ 能源效率(EE)。单位 GDP 产出的能源消耗。能源效率与碳排放密切相关,在保持经济稳定增长时,提高能源效率是碳减排的重要举措。一般认为该变量与碳排放呈正相关关系。⑦ 能源消费结构(ECS)。煤炭消费量占一次能源消费量的比重。由于不同能源的碳排放系数不同,其消费产生的二氧化碳排放量也不同,其中煤炭的碳排放系数最大,因而能源消费结构会影响碳排放量,本文采用各省煤炭消费量占一次能源消费总量的比重作为代理变量,预期该变量与碳排放量呈正相关关系。⑧ 能源价格(EP)。在市场经济下,一般认为能源价格越高,能

源消耗量越少,则碳排放越少,能源价格与碳排放负相关,本文使用工业品出厂价格指数作为代理变量。⑨ 货运量( $FT$ )。由于货物运输仍以石油燃料为主,随着中国经济的快速发展,地区间联系越来越紧密,由货运交通产生的碳排放也是影响中国环境的重要因素。⑩ 客运量( $PT$ )。居民因工作、旅游等原因出行越来越多,这也会引起碳排放的增加。本文使用各省客运总量作为代理变量。⑪ 清洁技术水平( $NF$ )。治理工业废气设施数量,清洁技术的使用有利于提高生产效率,减少污染。

## 1.2 极值边界分析模型

Leamer<sup>[18]</sup>、Levine 和 Renelt<sup>[19]</sup>提出了评价不同解释变量和经济增长关系“强显著”性的多元线形回归模型,即极值边界分析模型:

$$\Delta Y = \alpha + \beta_1 I + \beta_m M + \beta_z Z + u \quad (2)$$

式中, $\Delta Y$ 是一个国家或地区人均GDP的增长率。 $\alpha$ 为常数项。 $I$ 是一个核心变量信息集,是与 $\Delta Y$ 直接相关的解释变量。 $M$ 是将要研究的目标变量如经济政策变量或制度变量。 $Z$ 是条件变量集,一组与 $\Delta Y$ 有关潜在的重要解释变量。引入变量信息集 $Z$ 的目的在于在回归中最大限度地确定目标变量 $M$ 系数 $\beta_m$ 的范围。 $\beta_1$ 、 $\beta_z$ 分别是 $M$ 和 $Z$ 的回归系数, $u$ 是误差项。根据Levine和Renelt<sup>[19]</sup>研究表明 $I$ 和 $Z$ 的改变不直接影响模型分析的结论,因此 $I$ 和 $Z$ 中变量的选择主要根据前人的文献资料和实证研究成果。

现有文献EBA模型有3种主流检验方法:“严格”的EBA检验、大 $R^2$ 准则、Sala-I-Martin准则<sup>[20]</sup>。由于Sala-I-Martin准则效率较高且容易操作,本文采用Sala-I-Martin准则进行“稳健性”检验,实证检验影响碳排放的“稳健性”因素。本文选用人均碳排放量作为被解释变量。以2001年为基期的不变价的人均GDP作为核心变量。目标变量集为影响碳排放的11个影响因素。条件变量集来自于本文研究的11个碳排放影响因素。在检验模型中条件变量集是除检验的目标变量外的任意3个变量的线性组合。

## 1.3 数据来源及说明

本文采用各省际区域人均碳排放量作为被解释变量。由于中国没有直接公布各省 $CO_2$ 排放量,因此必须运用相关方法进行估算。研究采用以下等式计算各省化石能源的碳排放量:

$$C_{jt} = \sum_i E_{jti} \times \eta_i \quad (3)$$

式中, $C_{jt}$ 为 $j$ 省第 $t$ 年能源消耗导致的碳排放量, $E_{jti}$ 为 $j$ 省第 $t$ 年第 $i$ 种能源消耗标准量, $\eta_i$ 为第 $i$ 种能源的碳排放系数。

通过查阅有关文献,收集有关能源消耗的碳排放系数并进行比较计算,最后取平均值作为各能源消耗的碳排放系数,详细数据见表1。

表1 各类能源消耗的碳排放系数(t碳/t标准煤)

Table 1 Coefficient of carbon emissions of different energy (t/tce)

数据来源	煤炭	石油	天然气
DOE/EIA	0.7020	0.4780	0.3890
日本能源经济研究所	0.7560	0.5860	0.4490
国家科委气候变化项目	0.7260	0.5830	0.4090
国家发展和改革委员会能源研究所	0.7476	0.5825	0.4435
平均值	0.7329	0.5574	0.4226

本文采用2001~2010年中国30个省际区域的面板数据为研究样本,西藏自治区由于数据不可得,没有估算在内。其中有关数据主要来自于《中国能源统计年鉴》<sup>[21]</sup>、《中国统计年鉴》<sup>[22]</sup>,部分数据来自于各省的统计年鉴。在各类能源消费量折算为标准煤单位时,采用《中国能源统计年鉴》提供的各种能源折标准煤参考系数,各地区的煤炭、石油、天然气消费量分别按0.714 3 kg标准煤/kg、1.428 6 kg标准煤/kg、1.330 0 kg标准煤/m<sup>3</sup>折合标准煤。本文的对外贸易、FDI等数据均采用美元作为计价单位,故用国家外汇管理局公布的历年人民币兑美元汇率中间价转换为人民币。文中涉及价值形态的人均国内生产总值等数据,均折算为2001年为基期的不变价格,以剔除价格因素的影响。

## 2 实证结果与分析

### 2.1 基本模型检验

根据EBA模型的原理,检验的第一步是对11个目标变量分别进行线性回归,判断其显著性。模型如下:

$$\ln PC = \alpha + \beta \ln PGDP + \beta_m M + u \quad (4)$$

式中, $\ln PC$ 是人均碳排放量的对数; $\ln PGDP$ 是人均GDP的对数; $M$ 是从11个目标变量中任选一个变量。通过Eviews软件对目标变量 $M$ 进行显著性



检验,如果 $M$ 的系数 $\beta_m$ 的 $t$ 统计值是显著的,则 $M$ 通过EBA的第一步检验;如果 $M$ 的系数 $\beta_m$ 的 $t$ 统计值是不显著的,则 $M$ 没有通过EBA的第一步检验,不需要进行EBA的第二步检验。

本文采用的是面板数据模型,所以在进行第一步估计检验之前需要进行Hausman检验,确定回归检验使用的模型是固定效应还是随机效应模型。Hausman检验结果见表2,可以看出地方财政决算支出、贸易开放度、外商直接投资、能源效率、能源消费结构、能源价格、货运量、客运量、治理工业废气设施数量使用固定效应模型;城市化水平、产业结构使用随机效应模型。

表2 Hausman检验结果

Table 2 The result of Hausman Test

目标变量	Chi-Sq.Statistic	Chi-Sq.d.f.	Prob.	模型
<i>LFS</i>	23.2039	2	0.0000	固定
<i>TO</i>	5.9779	2	0.0503	固定
<i>FDI</i>	19.1429	2	0.0001	固定
<i>CSH</i>	4.2146	2	0.1216	随机
<i>IS</i>	3.7599	2	0.1526	随机
<i>EE</i>	28.1788	2	0.0000	固定
<i>ECS</i>	11.0402	2	0.0040	固定
<i>EP</i>	8.7277	2	0.0127	固定
<i>FT</i>	4.9258	2	0.0852	固定
<i>PT</i>	11.6251	2	0.0030	固定
<i>NF</i>	6.7556	2	0.0341	固定

注:显著性水平为10%。

在Hausman检验确定出使用模型的类型基础上,经过Eviews进行回归检验,目标变量在公式(4)的回归结果见表3。从表3可以看出,除贸易开放度和城市化水平外其他9个目标变量都通过了EBA的第一步检验,表明它们与碳排放量之间存在相关关系。

## 2.2 “稳健性”检验

将通过第一步检验的9个目标变量分别作为目标变量进行遍历式估计。本文采用Sala-I-Martin准则进行判定,利用Eviews软件,经过1 080次回归检验后,得出遍历式回归系数 $\beta_m$ 、 $t$ 检验值、 $p$ 值及各变量显著性分布的概率,如表4所列。从表4

表3 基本检验结果与分析

Table 3 The result and analysis of the EBA Model

目标变量	$\beta_m$	$t$ -Statistic	Prob.	是否通过检验
<i>LFS</i>	-1.0236	-5.8816	0.0000	是
<i>TO</i>	-0.1890	-0.9923	0.3219	否
<i>FDI</i>	0.0737	1.6820	0.0937	是
<i>CSH</i>	-0.0129	-1.2207	0.2232	否
<i>IS</i>	2.8846	4.1539	0.0000	是
<i>EE</i>	0.2220	2.2338	0.0263	是
<i>ECS</i>	1.6769	6.2404	0.0000	是
<i>EP</i>	0.5836	3.8880	0.0001	是
<i>FT</i>	0.1937	2.0344	0.0429	是
<i>PT</i>	-0.2489	-3.9126	0.0001	是
<i>NF</i>	0.2681	1.9285	0.0549	是

注:显著性水平10%;“是”表示通过检验,“否”表示没有通过检验。

可以看出地方财政决算支出、产业结构、能源效率、能源消费结构、能源价格、客运量的回归系数 $\beta_m$ 的最大值 $\beta_{m-\max}$ 与最小值 $\beta_{m-\min}$ 的符号相同,且分别以95%、91.7%、100%、100%、100%、100%的显著性分布概率通过了EBA的“稳健性”检验,表明这6个变量对碳排放有抗干扰的“稳健性”显著影响;外商直接投资、货运量、治理废弃设施套数3个变量的显著性分布概率分别为8.33%、55.8%、27.5%,没有通过“稳健性”检验,表明这3个变量对碳排放没有抗干扰的“稳健性”显著影响。

根据上述实证结果,可以得出:本文研究的11个影响因素,只有地方财政决算支出、产业结构、能源效率、能源消费结构、能源价格、客运量通过了EBA“稳健性”检验,表明这6个因素对中国人均碳排放量具有抗干扰的“稳健性”显著影响。① 地方财政支出与碳排放呈负向“稳健性”关系,即其对碳排放具有有利影响,因为中国地方政府财政支出中用于支持污染防治、能源节约利用、污染减排、自然生态保护等重点项目建设的节能环保的比例增加,并取得一定减排效果。② 第二产业产值占总产值的比重与碳排放高度正向“稳健性”关系,表明第二产业的工业污染是引起碳排放增加的主要因素,治理工业污染任重道远。③ 能源效率与碳排放呈正向“稳健性”关系,说明单位GDP能耗越高,人均碳排放量越多,能源使用效率低也是中国碳排放量较大的一个重要因素。④ 能源消费结构是碳排放的“稳健性”影响因素,“富

表4 “稳健性”检验结果与分析

Table 4 The result and analysis of the Robust Test

目标变量	$\beta_{\text{in-max}}$	$\beta_{\text{in-max}}$		$\beta_{\text{in-min}}$	$\beta_{\text{in-min}}$		显著性分布 概率(%)	是否通 过检验
		t-Statistic	Prob.		t-Statistic	Prob.		
LFS	-0.0123	-0.1024	0.9185	-0.9330	0.1440	0.0000	95	是
FDI	0.0420	1.0729	0.2842	-0.0885	-2.5250	0.0121	8.33	否
IS	3.2848	4.4000	0.0000	0.0641	0.1144	0.9090	91.7	是
EE	0.6717	10.8224	0.0000	0.4085	5.2857	0.0000	100	是
ECS	2.3061	10.4578	0.0000	1.7920	7.5891	0.0000	100	是
EP	0.8864	6.8334	0.0000	0.3534	2.5517	0.0112	100	是
FT	0.3598	4.4021	0.0000	-0.1380	-1.7471	0.0817	55.8	否
PT	-0.0980	-1.8378	0.0671	-0.3419	-5.7191	0.0000	100	是
NF	0.3964	3.6461	0.0003	-0.1511	-1.7683	0.0780	27.5	否

注:显著性水平10%。“是”表示通过检验,“否”表示没有通过检验。

煤、少气、缺油”的资源条件,决定了中国能源结构只能以煤为主。虽然中国能源结构在不断优化,但煤炭占一次能源的消费比重仍占到2/3,且在未来相当长的一段时间里煤炭仍将是主要一次能源。在中国电力中,水电占比只有20%左右,火电占比达77%以上,“高碳”占绝对的统治地位。因此,中国的碳排放形势相当严峻。⑤ 能源价格是人均碳排放量的“稳健性”影响因素,表明目前中国能源价格受政府垄断控制较为严重,加上中国经济很大程度上是由政府投资推动,因此目前煤炭消费状况基本对价格变化敏感较小。价格上涨,不会减少能源消费量,反而会有所增加。⑥ 客运量与碳排放量是负向“稳健性”影响因素。这可能是因为客运量的很大一部分是公共交通,由于交通领域新能源、新技术的推广应用,公共交通的碳排放强度逐年下降趋势。

### 3 结论和政策建议

本文运用极值边界模型分析了中国碳排放的“稳健性”影响因素。结果表明:第二产业产值占总产值的比重、能源效率、能源消费结构、能源价格与碳排放呈正向“稳健性”关系。地方财政支出、客运量是碳排放量的负向“稳健性”影响因素。中国在发展经济的同时,要充分考虑到其对碳排放量产生的影响,兴利除弊,走可持续发展道路。本文的政策建议有以下4个方面。

1) 调整产业结构,控制高碳产业发展。钢铁、有色、建材、化工、电力和轻工等行业的高速过

热发展,造成了严重的环境污染。必须在生产中逐步淘汰高能耗、高物耗和高污染的产业,大力发展具有高产出、高就业和低污染的第三产业,提高知识密集型和技术密集型产业的比例,从而优化产业结构,减少对能源的消耗从而降低碳排放量。

2) 优化能源消费结构,积极发展新能源和可再生能源。中国是世界上最大的煤炭生产国和消费国,煤炭在中国能源消费总量中占主导地位,而石油、天然气、核电等优质能源的比例很小,这种能源结构的不合理是中国碳排放总量偏大的重要原因之一。因此,中国应加大投资和政策的扶持力度,开发利用太阳能、风能、地热能、生物质能等新能源和可再生能源,逐渐降低煤炭在能源消费中的比例,从而控制温室气体的排放。

3) 发展循环经济开发清洁技术,提高能源利用效率。要在实现能源结构调整的基础上,逐步减少生产和生活各环节的能源消耗量,变废为宝,化害为利,推进资源能源的循环利用和高效利用,以降低GDP的碳强度。同时大力开发、引进先进的清洁技术,减少碳排放。

4) 倡导低碳生活,提倡低碳生活方式。温室气体减排是一个长期、庞大的系统工程,关乎到社会中的每一个人。因此,应在社会公众中积极开展低碳生活的创意活动和普及工作,树立发展低碳经济是每一个中国公民责任的理念,培养人们节约资源、购买环境友好型产品的习惯,使人们形成低碳的生活方式。

中国正处于工业化、城市化的加速推进阶段,

面临大规模基础设施建设,能源需求呈现快速增长趋势。而驱动碳排放量增长的因素涉及经济发展方式、产业结构、能源消费结构等诸多方面,因此降低碳排放将是一项艰巨的、复杂的系统工程。在当前这种高排放的经济发展模式中,减排与经济发展的确存在两难冲突。如何探索经济发展与碳排放的市场规律,建立相关的碳排放市场准入机制和市场交易机制,这将为低碳技术和低碳经济的发展提供强大动力。从长远来看,这有利于促进中国经济的可持续发展。

## 参考文献:

- [1] Grossman G M, Kueger A B. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement[J]. NBER Working Paper. Massachusetts Cambridge: MIT Press, 1991.
- [2] Shafik N, Bandyopadhyay S. Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence[R]. Policy Research Working Paper. Indiana-IN: World Bank, 1992: 904.
- [3] Galeotti M, Lanze A. Richer and cleaner? a study on carbon dioxide emissions in developing countries[J]. Energy Policy, 1999, 27(10): 565-573.
- [4] Friedl B, Getzner M. Determinants of CO<sub>2</sub> emissions in a small open economy[J]. Ecological Economics, 2003, (45): 231-245.
- [5] 杜婷婷, 毛 锋, 罗 锐. 中国经济增长与 CO<sub>2</sub> 排放演化探析[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(2): 94-99.
- [6] 王立平, 管 杰, 张纪东. 中国环境污染与经济增长: 基于空间动态面板数据模型的实证分析[J]. 地理科学, 2010, 30(6): 818-825.
- [7] 虞义华, 郑新业, 张 莉. 经济发展水平、产业结构与碳排放强度——中国省级面板数据分析[J]. 经济理论与经济管理, 2011, (3): 72-81.
- [8] 王 锋, 吴丽华, 杨 超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究, 2010, (2): 123-135.
- [9] 赵志耘, 杨朝峰. 中国碳排放驱动因素分解分析[J]. 中国软科学, 2012, (6): 175-183.
- [10] Copeland B R, Taylor M S. North-south trade and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1994, 109(3): 755-787.
- [11] 郭 沛, 张曙霄, 王 娟. 中国碳排放量与外商直接投资的相关性——基于中国第二产业面板数据的研究[J]. 经济问题, 2012, (8): 44-49.
- [12] Dinda S. Carbon Emission and Production Technology: Evidence from the US [R]. MPRA Paper. India: Chandragupt Institute of Management, 2011.
- [13] 王 强, 伍世代, 李婷婷. 中国工业经济转型过程中能源消费与碳排放时空特征研究[J]. 地理科学, 2013, 31(1): 36-41.
- [14] Gani A. The relationship between good governance and carbon dioxide emissions: evidence from developing economies[J]. Journal of Economic Development, 2012, 37(1): 77-93.
- [15] 孙昌龙, 靳 诺, 张小雷. 城市化不同演化阶段对碳排放的影响差异[J]. 地理科学, 2013, 33(3): 266-272.
- [16] 王立平, 龙志和. 中国市场化与经济增长关系的实证分析[J]. 经济科学, 2004, (2): 12-18.
- [17] Yoiehi Kaya. Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios[C]. Paris: IPCC Energy and Industry Subgroup, 1989.
- [18] Leamer E E. Sensitivity analyses would help[J]. American Economic Review, 1985, (7): 308-313.
- [19] Levine R, Renelt D. A sensitivity analysis of cross-country growth regressions[J]. American Economic Review, 1992, 82: 942-963.
- [20] Sala-i-Martin X. I just ran two million regressions[J]. American Economic Review, 1997, 2: 178-261.
- [21] 中华人民共和国国家统计局. 中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2002-2011.
- [22] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2002-2011.

## An Empirical Analysis of Influence Factors of Carbon Emissions in China Based on EBA Model

WANG Li-ping<sup>1</sup>, ZHANG Hai-bo<sup>1</sup>, LIU Yun<sup>1</sup>

(School of Economics, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230601, China)

**Abstract:** With the rapid development of China's economy, China's total carbon emissions in 2011 have exceeded American's and claimed the top spot in the world. The study on the influence factors of China's carbon emissions has been a hot international issue for a long time. Since China is currently in a critical period of national economic transformation development, it is particularly important to handle the relationship between carbon emissions reduction and economic development. The studies about the relationship between carbon emissions and economic growth have been performed from different perspectives. And some influence factors of carbon emissions have been proposed including the factors to increase carbon emissions, to reduce carbon emissions, which are regional and temporary factors, or long-term "robust" influence factors. Based on the theory of environmental economics, we employ the model of the extreme bounds analysis (EBA) and expand the Kaya identity; using the panel data of 30 provincial regions, and empirically analyzes the factors which have "robust" effects on per capita carbon emissions in provincial regions. And thus a general rule has been revealed between China's regional environmental pollution and economic growth. That is, the six factors, local financial spending, industrial structure, energy efficiency, energy consumption structure, energy prices and passenger capacity, have anti-interference, robust, and significant impacts on per capita carbon emissions. Therefore, when developing economic, China should be fully aware of the impact of carbon emissions in order to achieve sustainable development. Based on these results, we propose some suggestions on which governments make policy of environmental protection and economic development. The policy implications of this study contain four aspects: 1) to adjust the industrial structure and limit the development of high-carbon industries; 2) to optimize energy consumption structure, to develop new energy, and to renewable energy; 3) to develop circular economy, to exploit clean technology, and to improve energy efficiency; and 4) to advocate a low carbon life, to promote low-carbon lifestyle. China is in the stage of acceleration of industrialization, urbanization, facing large-scale infrastructure construction, therefore energy demand of China shows a rapid growth. The driving factors of carbon emissions involves in economic development, industrial structure, energy consumption structure, and many other aspects, thus reducing carbon emissions will be a difficult, complex systems engineering. In the high-emission model of economic development, there exist a dilemma between emission reduction and economic development. How to explore the market laws of economic development and carbon emissions, establish associated carbon emissions market access mechanism and market transaction mechanism, this will provide a powerful impetus to low-carbon technologies and low-carbon economy. In the long term, this is conducive to promoting the sustainable development of China's economy.

**Key words:** carbon dioxide emission; the extreme bounds analysis; robust test