

中国碳排放的环境库兹涅茨效应识别 与低碳政策选择*

顾宁,姜萍萍

(吉林大学商学院,吉林 长春 130012)

内容提要:本文选取 1995~2009 年中国 30 个省份的相关数据,构建 Panel Data 模型对人均 CO₂ 排放量的变化趋势进行了实证检验,并在此基础上对影响 CO₂ 排放的因素进行了识别。研究表明:(1)在目前的经济发展方式下,我国 CO₂ 排放并不具备倒“U”型的库兹涅茨效应,现实排放路径为“N”型,即随着人均 GDP 的增加,人均 CO₂ 排放量会一直增加,而且当人均 GDP 达到 38687 元后,CO₂ 排放的增速会更快,转变经济增长方式、发展低碳经济势在必行;(2)影响 CO₂ 排放的因素中,人均 GDP、固定资产投资率、工业占比、能源消费结构对 CO₂ 排放量具有正效应,第三产业占比、能源强度、外商直接投资对 CO₂ 排放量具有负效应,贸易差额对 CO₂ 排放的影响不显著,但是贸易内涵排放问题不可忽视。基于实证研究结果,我国低碳经济发展应着重从产业结构、能源结构、贸易结构三方面入手,通过结构性调整影响 CO₂ 排放路径,逐步减少 CO₂ 排放,实现减排目标,取得发展与环境的双赢。

关键词:碳排放;库兹涅茨效应;低碳政策;Panel Data 模型

中图分类号:F205 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2013)06—0153—11

一、引言

由于气候变暖对人类生存环境及福利的巨大影响,减少温室气体排放、发展低碳经济已经成为经济学家关心的问题之一。根据《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)和《京都议定书》的规定,中国并没有具体的温室气体减排义务,但是,作为一个负责任的国家,中国政府在 2009 年哥本哈根世界气候大会上承诺 2020 年单位国内生产总值二氧化碳(CO₂)排放比 2005 年下降 40%~45%;在《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中,更是把大幅降低能源消耗强度和 CO₂ 排放强度作为社会发展的约束性指标,明确提出十二五期间单位国内生产总值能源消耗降低 16%,单位国内生产总值 CO₂ 排放降低 17%。作为一个尚处于工业化初

期、且以煤为主要能源的发展中国家,上述减排目标对中国低碳经济发展提出了巨大挑战。在国际环境约束和我国具体的减排承诺下,如何有效实现减排目标,取得发展与环境的双赢是当前需要关注的重要问题。

对环境污染与经济增长关系的研究一般采用的是环境库兹涅茨曲线,这也是分析 CO₂ 排放与经济增长关系的主要研究方法。库兹涅茨曲线是由美国经济学家库兹涅茨(Kuznets)在 20 世纪 50 年代分析人均收入水平与分配公平程度之间关系时提出的,其主要结论是随着人均收入的增加,收入差距“先恶化、后改善”,呈现倒“U”形状,这一结论在随后的很多实践数据中得到验证,被称为收入差距存在“库兹涅茨效应”。

随着理论与实践的不断发展,20 世纪 90 年代,

收稿日期:2013-04-22

* 基金项目:教育部人文社会科学基金青年项目“基于差异化需求的农村金融产品创新研究”(10YJC790064);吉林大学科学前沿与交叉学科创新项目“农民收入路径转移背景下的农村新型金融组织创新发展研究”(2012QY030)。

作者简介:顾宁(1978-),女,吉林长春人。副教授,经济学博士,研究领域为金融市场、碳金融。E-mail:guning@jlu.edu.cn;姜萍萍(1987-),女,辽宁大连人。硕士研究生,研究方向为金融市场。E-mail:1679825420@qq.com。

经济学家在库兹涅茨曲线的分析基础上提出了环境库兹涅茨(EKC)曲线,试图解释经济增长与环境质量之间的关系。Grossman & Krueger(1991)在北美自由贸易区谈判中,最先实证研究了环境质量与人均收入之间关系,指出“环境污染在低收入水平上随人均收入增加而上升,在高收入水平上随收入增加而下降”;Panayotou(1993)的研究得出了类似结论,并首次提出EKC曲线的概念,之后EKC曲线便成为刻画环境污染与人均收入间关系的工具。

关于EKC曲线倒“U”形状的解释,可以归纳为以下四个方面:第一,随着生活水平的提升,人们对环境质量的要求也会提高(Pezzey, 1992; Selden & Song, 1994; Baldwin, 1995)。因此,当收入增加到一定水平后,人们对环境治理的支出会以更大的比例增加(Roca, 2003),由此导致环境污染随着经济增长“先升后降”的运动趋势;第二,社会经济结构的变革会导致环境污染水平的变化。一般来说,随着城市化进程的深入,环境污染水平会逐渐上升,而产业结构从能源密集型工业向服务业或技术密集型工业转变时,污染水平就会下降(Grossman & Krueger, 1993);第三,富裕国家在研发方面的投入更大,这意味着伴随经济增长必定会发生技术进步,高耗能的技术将被清洁技术取代,环境质量将会有所提升(Komen, 1997);第四,一个国家政治体制和文化价值观方面的特征在环境友好型政策的执行过程中也起到了关键作用。一般来说,越是经济发达的地区,越倾向于执行环境友好型政策,环境污染的水平越低(Ng & Wang, 1993)。

在实证检验方面,大多数学者选用二氧化硫、氮氧化物、工业废水、工业烟尘作为环境污染的指标(Selden & Song, 1994; Giles & Mosk, 2003; 高辉, 2009),选用CO₂作为环境污染指标的较少,且研究结论差异较大。Selden(1995)、Galeotti(2006)等研究认为,人均CO₂排放与人均收入呈倒“U”型;Shafik(1994)、Martin Wagner(2008)的研究却显示,人均CO₂排放与人均收入呈单调递增的关系,并且不存在拐点。国内学者中,林伯强(2009)发现,中国的CO₂排放符合环境库兹涅茨曲线,即具有倒“U”型曲线特征,理论拐点对应的人均国内生产总值应为37170元,时间在2020年左右;李国志、李宗植(2010)的研究表明,CO₂排放与经济增长之间存在明显的倒“U”型环境库兹涅茨曲线,低、中、高排

放区域理论拐点对应的人均GDP分别高达193.5万元、26.3万元和22.2万元;徐国泉等(2010)采用对数平均权重Divisia分解法定量分析了能源结构、能源效率和经济发展等因素的变化对中国人均碳排放的影响;陆虹(2000)建立了人均CO₂和人均GDP之间的状态空间模型,发现二者不是简单呈现为倒“U”型关系;许广月(2010)的研究结果表明,中国整体、东部以及中部存在CO₂排放倒“U”型的库兹涅茨曲线,但是西部不存在该曲线。

综合看来,目前国内多数研究只限于对CO₂排放和经济增长关系的简单检验,没有对影响碳排放的其他经济社会因素进行分析;现有研究中对于碳排放环境库兹涅茨曲线的形状和拐点的结论差异较大,需要进一步深入研究。因此,利用面板模型对中国碳排放的库兹涅茨效应进行识别,计算理论拐点,分解影响碳排放的主要因素,因地制宜地制定减排政策,对于中国发展低碳经济、有效实现减排目标具有重要的指导意义。

二、中国碳排放的环境库兹涅茨效应识别

相对于一般的时间序列模型和截面数据模型, Panel Data模型能够有效地控制样本个体的异质性,而且面板数据包含了更多的信息,变量之间不容易产生多重共线性。基于Panel Data模型的优势以及中国的数据特点,本文选取1995~2009年我国30个省份的人均CO₂排放量和人均GDP数据,构建Panel Data模型来考察我国CO₂排放的动态路径。相关数据来源于《中国统计年鉴》、《中国环境年鉴》、《全国环境统计公报》、《中国能源统计年鉴》以及各省份统计年鉴、世界银行网站等,参数估计采用Eviews6.0软件。

Panel Data模型的基本形式如下:

$$y_{it} = \alpha + x'_{it}\beta + u_{it} \quad (1)$$

在方程(1)中, i 代表横截面第 i 个个体; t 代表时间; N 表示横截面上的个体数量; T 代表单个横截面成员的观测时期数量。方程刻画了若干相互独立的经济指标或影响因素在 N 个截面成员及 T 个时间点上对因变量影响关系。参数 α 代表常数项, $x'_{it} = (x_{1,it}, x_{2,it}, \dots, x_{k,it})$ 是 $1 \times k$ 维向量,表示第 i 个成员在时间 t 时的 k 个解释变量观测值, β 为系数向量,随机干扰项 u_{it} 可以进行单因素分解和双因素分解。其中,干扰项在截面个体上的单因素分解形

式为:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (2)$$

式(2)中, μ_i 是时间恒定变量, 观测个体 i 在不同的观测期间内取值相同, 表示不能被观测到的个体因素对被解释变量产生的影响, 解释了回归中没有包括的个体因素影响; v_{it} 表示剩余的扰动项, 当观测个体 i 和时间 t 同时发生变化时, 可以当成回归模型中的误差项。若 $\mu_i = 0$, 模型(1)的系数估计方法就是普通最小二乘法(OLS), 被称为混合估计模型(Pooled OLS); 如果 u_{it} 为固定非零参数且 v_{it} 服从独立同分布, 则称为固定效应模型, 它可以有效地解释 N 个样本自身观测不到的特征对被解释变量的影响; 如果 u_{it} 是固定参数, 会导致模型中参数过多, 这时可以假定 u_{it} 随机变化并服从独立同分布, 称为随机效应模型。一般来说, 需要通过 Hausman 检验(Hausman, 1978)在随机效应模型和固定效应模型之间做出选择。

根据方程(1)给出的面板模型基本形式和方程(2)给出的误差单因素分解形式, 本文构建了基于横截面个体效应 Panel Data 模型, 如下方程(3)所示, 对我国 CO_2 排放是否具有库兹涅茨效应进行实证检验。为了保证实证结果的稳健性, 本文同时构建了对数模型和非对数模型同时进行检验, 见方程(4)。

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 GDP_{it}^2 + \beta_3 GDP_{it}^3 + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\ln(CO_2)_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln(GDP)_{it} + \beta_2 [\ln(GDP)_{it}]^2 + \beta_3 [\ln(GDP)_{it}]^3 + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, CO_{2it} 为 i 省 t 年度人均 CO_2 排放量; GDP_{it} 为 i 省第 t 年度的人均 GDP ; ε_{it} 为随机误差项; β_0 为截距项, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 为各个变量的参数。为识别库兹涅茨效应是否存在, 方程中还包括人均 GDP 以及人均 GDP 对数的平方项和三次方项。

在数据方面, 目前我国各省份 CO_2 排放量的数据无法直接获取, 但是由于 CO_2 的产生主要来自于化石燃料的燃烧, 所以, 通过各省份历年来能源消费量数据可以间接测算 CO_2 排放量, 具体计算过程分两步进行:

首先, 计算标准煤形式的能源消费量。《中国能源统计年鉴》将生产生活所用的最终能源划分为煤炭、汽油、柴油、天然气、煤油、燃料油、原油、电力以及焦炭 9 大类, 在计算各省份 CO_2 排放量时, 首先要将这些能源折算成标准煤形式, 计算公式为:

$$Q_{it} = q_{it} \times \gamma_l \quad (5)$$

其中, Q_{it} 表示折算为标准煤形式后的能源消费量; q_{it} 表示第 l 种能源在第 t 年的消费量; γ_l 表示第 l 种能源的标准煤转化系数, γ_l 的选取来自于《中国能源统计年鉴》。

表 1 能源的标准煤折算系数

能源	折算系数
煤炭	0.7143 千克标准煤/千克
汽油	1.4714 千克标准煤/千克
柴油	1.4571 千克标准煤/千克
天然气	1.3300 千克标准煤/立方米
煤油	1.4714 千克标准煤/千克
燃料油	1.4286 千克标准煤/千克
原油	1.4286 千克标准煤/千克
电力	0.1229 千克标准煤/千克
焦炭	0.9714 千克标准煤/千瓦时

数据来源:《中国能源统计年鉴》

其次, 计算能源消费的碳排放量。将能源消费转化为标准煤形式后, 可以通过如下公式计算碳排放量:

$$CO_{2it} = \sum (Q_{it} \times \delta_l) \quad (6)$$

其中, CO_{2it} 表示第 i 个省份第 t 年的碳排放量; Q_{it} 表示第 i 个省份在第 t 年消耗的第 l 类能源总量(标准煤形式); δ_l 表示第 l 类能源的碳排放系数, δ_l 的选取采用徐国泉(2006)的研究成果。

表 2 碳排放转化系数

能源	转化系数
煤炭	0.7476 吨碳/吨标准煤
汽油	0.5532 吨碳/吨标准煤
柴油	0.5913 吨碳/吨标准煤
天然气	0.4479 吨碳/吨标准煤
煤油	0.3416 吨碳/吨标准煤
燃料油	0.6176 吨碳/吨标准煤
原油	0.5854 吨碳/吨标准煤
电力	2.2132 吨碳/吨标准煤
焦炭	0.1128 吨碳/吨标准煤

数据来源:徐国泉(2006)

根据方程(5)和方程(6),就可以计算出各省份历年 CO₂ 排放量,取人均值后作为 Panel Data 模型的被解释变量。参数估计分别采用混合估计模型、

固定效应模型与截面上的随机效应模型进行统计分析,结果如表3所示。

表3 1995~2009年人均碳排放的环境效应库兹涅茨识别

变量	混合效应模型		个体固定效应模型		个体随机效应模型	
	系数估计值	系数估计值	系数估计值	系数估计值	系数估计值	系数估计值
截距项 1			-0.04598		-0.223309	
			0.375500		0.260000	
GDP	0.000159		0.000169		0.000198	
		0.000000		0.000000		0.000000
GDP ²	-3.97E-09		-3.56E-09		-4.48E-09	
	0.000000		0.000000		0.000000	
GDP ³	3.57E-14		2.99E-14		3.86E-14	
	0.000000		0.000000		0.000000	
截距项 2			33.95117		32.08166	
				0.012500		0.020570
LN(GDP)		-0.07395		-11.55763		-11.08425
		0.000000		0.009300		0.170000
LN(GDP)平方		-0.032023		1.224546		1.190277
		0.631100		0.011100		0.0165700
LN(GDP)立方		0.004414		-0.040148		-0.039569
		0.209800		0.020900		0.190900
R ²	0.585483	0.457595	0.958444	0.919907	0.532570	0.570970
调整 R ²	0.583362	0.454770	0.954761	0.912667	0.528970	0.567609
F 值	276.1382	161.9788	260.1916	127.0587	148.1150	169.9036
P 值	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	00.00000	0.000000
hausman 检验					6.813937	6.698299
χ ² 统计量					0.071800	0.082200

三种面板数据模型的估计结果优劣需要进一步检验。首先在非对数形式中,通过 F 检验可以判断混合效应模型和个体固定效应模型的优劣,由 $SSEr = 412.2755$, $SSEu = 122.277$, $T = 15$, $K = 3$, $N = 30$,根据 F 检验公式 $F = [(SSEr - SSEu)/(T + K - 2)]/[SSEu/(NT - T - K)]$,可得 $F = 64.032 > F_{0.05}(14, 432)$,由此可以判断出个体固定效应模型优于混合效应模型。进一步地,通过 Hausman 检验判断个体固定效应模型和随机效应模型优劣, Hausman

检验原假设 H_0 是:应该采用随机效应模型。从表3可以看出, Hausman 检验统计量为 6.813937,其 P 值大于显著性水平 0.05,则接受原假设,即随机效应模型优于固定效应模型。同理判断对数形式,根据 F 检验公式, $F = 102 > F_{0.05}(14, 432)$,则固定效应模型优于混合效应模型, Hausman 统计值为 6.698299,其 P 值同样大于显著水平 0.05,则随机效应模型优于固定效应模型。综上,非对数与对数形式内部选择的都是随机效应模型,但是,通过比

较两种形式中各个变量的显著性,我们发现非对数形式要优于对数形式,所以,最终选择非对数形式

$$CO_2 = -0.223309 + 0.000198GDP - 4.48 \times 10^{-9}GDP^2 + 3.86 \times 10^{-14}GDP^3 \quad (7)$$

(11.21564) (-6.696726) (5.706932)

括号内为 t 值。 CO_2 排放的具体路径以及库兹涅茨效应是否存在,主要通过函数的图形形状判断,分别有以下几种情况:(1) $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 > 0$, 函数呈“N”型;(2) $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0$, 呈倒“N”型;(3) $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 = 0$, 呈“U”形;(4) $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 = 0$, 呈倒“U”形,即存在库兹涅茨效应;(5) $\beta_1 > 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$, 呈正斜率的直线;(6) $\beta_1 < 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$, 呈负斜率的直线;(7) $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, 呈一条水平直线。

方程(7)显示, $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 > 0$, 根据前述判定标准,可以判定我国人均 CO_2 排放量与人均 GDP 之间呈现的是“N”型关系(如图1所示)。

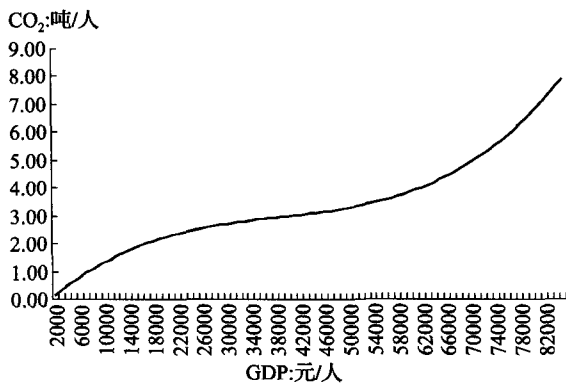


图1 人均碳排放量与人均GDP之间的关系

由于函数拐点能够体现出凹凸性变化,可以更好地说明 CO_2 排放量随人均 GDP 增加而变化的趋势和特点,因此,根据拐点计算方法,令人均 CO_2 排放量对人均 GDP 的二阶导数等于零,即:

$$\frac{\partial^2 CO_2}{\partial GDP^2} = -8.96 \times 10^{-9} + 11.58 \times 2 \times 10^{-14} GDP = 0 \quad (8)$$

得出拐点对应的人均 GDP 为 38687 元。经计算,在人均 GDP 小于 38687 元的点,其二阶导数均小于零,说明拐点前曲线形状为“凸”,即随着人均 GDP 的增加,人均 CO_2 排放量以递减的速度增加;在人均 GDP 大于 38687 元的点,其二阶导数均大于零,说明拐点后曲线形状为“凹”,即随着人均 GDP 的增加,人均 CO_2 排放量以递增的速度增加。

的个体随机效应模型来建立方程并进行分析。

估计方程为:

通过上述分析,可以得出结论:依照中国目前的经济增长方式, CO_2 排放不具备倒“U”型的库兹涅茨效应。发达国家通过逐步调整经济结构及能源消费结构,可以实现环境污染的倒“U”型路径,但是,中国目前的产业结构和能源结构的现实情况是,随着人均 GDP 的增加,人均 CO_2 排放量会一直增加,而且当人均 GDP 达到 38687 元后, CO_2 排放的增速会更快。2010 年我国大陆地区 GDP 总量为 397983 亿元,2010 年第六次人口普查结果显示大陆地区总人口为 1339724852 人,按此测算的人均 GDP 为 29706.32 元,若保持“十二五”规划制定的 7% 经济增速,达到拐点所需的时间约为 4.3 年,这就意味着在 2015 年人均 GDP 将超过 38687 元,届时人均 CO_2 排放量会以更快的速度增长。如果这种预想变成现实,那么不仅无法实现 2020 年单位国内生产总值 CO_2 排放比 2005 年下降 40% ~ 45% 的承诺,我国的经济增长还会为此付出巨大的环境代价。由此可见,转变现有经济增长方式、发展低碳经济是我国当前的重要目标。

三、中国碳排放的影响因素分析

作为最大的发展中国家,中国走可持续发展道路的的决心是坚定不移的。政府高度重视气候的变化,以负责任的态度采取了一系列减缓温室气体排放的政策措施,例如,加快产业结构调整、发展再生资源、开展植树造林、实行计划生育减缓人口增长等;同时,一些省份和城市也表现出利用发展低碳经济转变增长方式、寻找新的经济增长点的积极性,并已经开展了一些相关的试点工作。然而,需要引起关注的是,从“高碳经济”向“低碳经济”的转型成本将是巨大的,尤其对于现阶段的中国来说,人民的生活水平还不是太高,一些低碳政策的实施可能会延缓中国的现代化进程。中国的经济发展速度和质量有机共存,关乎中国经济的长期利益。因此,必须思考如何既能确保人民生活水平不断提升,又不重复西方发达国家以牺牲环境为代价的发展路径,这就需要对影响我国碳排放的因素进行有效分解,这也是本部分的重点工作。

本文将继续采用 Panel Data 模型,被解释变量 指标,具体说明如表 4 所示。
为人均 CO₂ 排放量;解释变量分为四个维度共 8 个

表 4 相关变量说明

分类	符号	变量名称	涵义
宏观经济发展水平	X ₁	人均 GDP	GDP/人口
	X ₂	固定资产投资率	固定资产投资/当年 GDP
产业结构	Y ₁	工业占比	工业增加值/GDP
	Y ₂	第三产业占比	第三产业增加值/GDP
能源结构	Z ₁	能源消费结构	煤炭消费/能源消费总量
	Z ₂	能源强度	当年能源消费总量/当年 GDP
对外贸易	W ₁	贸易差额	净出口(出口-进口)
	W ₂	外国直接投资	外国直接投资额

另外,政府以及相关部门对环保的重视程度、经费投入等,对相关违背环境行为的惩罚力度这些因素随着时间的变化而变化,这里作为特异性误差引入模型之中。变量选取时间为 1995~2008 年,数据来自《国家统计年鉴》以及中国经济信息网数据库,估计软件为 Eviews6.0。

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 Y_{1it} + \beta_4 Y_{2it} + \beta_5 Z_{1it} + \beta_6 Z_{2it} + \beta_7 W_{1it} + \beta_8 W_{2it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

本文仍然采用混合估计模型、固定效应模型以及随机效应模型进行估计,得到的实证结果如表 5 所示。

构建的具体 Panel Data 实证检验模型如下:

表 5 1995~2009 年人均碳排放影响因素实证检验结果

变量名	混合估计模型			固定效应模型			随机效应模型		
	估计值	标准误	P 值	估计值	标准误	P 值	估计值	标准误	P 值
截距项				-1.58763 ***	0.59026	0.0076	-1.781817 **	0.85402	0.0378
X ₁	6.94E-05 ***	4.86E-06	0.0000	7.23E-05 ***	6.92E-06	0.0000	7.18E-05 ***	8.65E-06	0.0000
X ₂	2.32329 ***	0.250345	0.0000	0.389959 ***	0.14456	0.0074	1.492644 ***	0.381920	0.0001
Y ₁	2.312411 ***	0.303465	0.0000	4.385108 ***	0.68854	0.0000	5.324237 ***	1.291941	0.0000
Y ₂	-2.58691 ***	0.35396	0.0000	0.733100	0.63815	0.2516	-0.64002	1.319829	0.6281
Z ₁	0.002724 **	0.00113	0.0165	0.009845 ***	0.00256	0.0001	0.004857	0.003958	0.2208
Z ₂	-0.02171 ***	0.004175	0.0000	-0.10602 **	0.04843	0.0294	-0.02650 **	0.01085	0.0151
W ₁	1.77E-08	2.97E-08	0.5521	3.17E-08	4.05E-08	0.4338	6.74E-08	5.48E-08	0.2392
W ₂	-1.22E-06 ***	9.77E-08	0.0000	-5.14E-07 ***	1.75E-07	0.0035	-1.05E-06 ***	2.4E-07	0.0000
R ²	0.891602			0.954656			0.619716		
调整 R ²	0.889073			0.949009			0.609540		
F 统计量	352.5122			169.0497			60.90672		
P 值	0.000000			0.000000			0.000000		
hausman 检验 (统计量)							统计量=8 P 值=0.0448		

注:***、**和* 分别表示估计量在 1%、5% 和 10% 的显著水平显著

比较三种模型的估计结果,在显著水平为5%时,固定效应模型对问题的解释最优,因此,将其作为本文后续分析的依据。根据模型的估计结果,本文分别从作用方向、影响机理及政策归属方面对八个影响CO₂排放的因素进行分析。

1、宏观经济发展水平因素

反映宏观经济发展水平的两个影响因素中,人均GDP对CO₂排放量具有正效应,这一结论与之前的库兹涅茨效应识别结果是一致的,在这里不做过多说明;固定资产投资率对CO₂排放量也具有显著的正效应,即随着固定资产投资率的增加,CO₂排放量增加,这一结论与现实情况是吻合的。一直以来,我国采用的都是投资主导型经济增长方式,在消费、投资和净出口三大需求中,投资需求对GDP的贡献率和拉动率^①都是最高的。美国次贷危机后,这一趋势更加明显,2009年投资对GDP的贡献率为95.2%,全年9.2%的经济增速中,有8.7%是靠投资拉动的^②。1995年至今,固定资产投资基本保持了两位数以上的增长,2003年以来更是年年保持20%以上的增速。固定资产投资在形成巨大生产能力的同时,也具有能源消费的“锁定效应”。固定资产投资形成的基础设施、机器设备使用年限都大都15年甚至50年以上,期间不可能轻易废弃,这也就意味着能源消耗和碳排放在这期间被“锁定”了。比如说,如果一座以燃煤发电技术修建的电站投入使用,那么这座电站50年后还会像现在这样较多地排放碳。因此,如何在发展中避免锁定效应的束缚和后患,是一项紧迫而现实的挑战。

2、产业结构因素

反映产业结构的两个因素中,工业占比对CO₂排放量具有正效应,第三产业占比对其具有负效应。这一结论直接揭示了产业结构对CO₂排放量的影响,即随着产业结构的优化升级,CO₂排放量会逐渐减少。通过一系列政策的实施,我国的产业结构已经发生了明显变化,具体表现为第一产业

比重下降,第二、三产业比重上升。目前第二产业,特别是工业的增长已经成为中国经济快速增长的主要动力之一。据统计,2009年中国9.2%的经济增长中,4.8%来自第二产业的贡献,3.9%来自第三产业,0.4%来自第一产业,其中第二产业贡献率的77%来自工业。在这样的产业结构背景下,工业能耗的高低将对CO₂排放产生重要影响。据统计,“十一五”期间我国单位工业增加值能耗累计下降超过25%,工业节能量超过6.5亿吨标准煤,相当于减排14.6亿吨CO₂,对“十一五”节能减排目标的实现做出了贡献。但是,从长远看,我国工业耗能情况仍然不乐观,自1996年以来,我国工业能耗占社会总能耗的比重始终维持在70%以上,而发达国家这一指标仅为30%左右。占工业耗能近80%的高耗能行业近年来保持快速增长,“十一五”期间,我国钢产量年均增长13.7%,水泥产量年均增长12.9%,有色金属工业增加值年均增长16.9%^③。而且,为了达成全面建设小康社会的战略目标,未来一段时间,我国的工业化、城市化速度不会放缓,重化工业所占的比重也将持续在高位运行,这就意味着对能源、交通、原材料等需求还会进一步增大,资源消耗总量也将不断增加,工业发展面临越来越大的资源约束。因此,构建产业结构优化、资源消耗小的工业体系,探索清洁、低碳的生产方式是减少CO₂排放的关键举措。

3、能源结构因素

反映能源结构的两个因素中,能源消费结构对CO₂排放量具有正效应,而能源强度对其具有负效应。这一结论看似是矛盾的,因为一般说来,能源强度与能源消费结构这两个指标在减排问题中的目标是一致的,降低单位GDP能耗,或者减少能源消费中的煤炭占比,都应该降低CO₂排放量。但是,能源强度侧重考察的是能源使用量问题,而能源消费结构侧重考察的是能源质量问题。由于各种能源的碳排放系数并不相同,这两个目标可能并

^①贡献率指三大需求增量与支出法国内生产总值增量之比;拉动指国内生产总值增长速度与三大需求贡献率的乘积。

^②《中国统计年鉴》,2010。

^③相关数据由《中国统计年鉴》历年数据整理计算得来。

不一致。一种情形就是,单位 GDP 能源强度变小,但是能源结构中煤炭的比重上升,进而造成单位 GDP 碳排放不变甚至增加。我国自实行节能减排政策以来,单位 GDP 能耗一直呈下降态势,“十一五”期间,除新疆另行考核外,全国其他地区均完成了国家下达的节能目标任务,全国单位 GDP 能耗降低 19.1%。但是,从 2000 年开始,我国能源消费中的煤炭占比却逐年上升,2001 年为 71.9%,2008 年上升至 74.9%。与其他燃料相比,燃煤引起的 CO₂ 排放是最高的,因此,我国出现了能源强度降低,同时人均 CO₂ 排放增加的事实。从而也可以看出,就降低 CO₂ 排放强度而言,关键在于能源结构的调整,而并非一定是能源总量的变化。即使在能源总量保持不变的前提下,如果增加清洁能源占比,CO₂ 排放强度也可以减小。

4、对外贸易因素

反映对外贸易的两个因素中,贸易差额对 CO₂ 排放的影响并不显著。也就是说,仅从绝对数量角度不能看出贸易差额大小与 CO₂ 排放的关系。由于数据原因,本文没有进一步从贸易结构角度考察国际贸易对 CO₂ 排放的影响,但是,这一问题不应被忽视。随着全球化进程的加快以及国际分工的深化,消费品的生产和消费出现地域分离,经常是 A 国提供物质资本, B 国提供劳动力, C 国提供能源,生产设在 D 国,那么直接排放也在 D 国,但是,最终产品为各国所消费。在这种生产方式下,碳排放的归属究竟是污染的直接生产者还是污染产生的驱动者,是一个关键问题。显然,将排放责任完全推给生产国是不合理的,因为生产国的高排放实际上反映的是消费国的高消费水平。目前,中国在国际分工序列中,更多的是扮演生产国 D 的角色,已经有一些学者从实证角度对贸易品中的温室气体排放,即“贸易内涵排放”问题进行了研究。例如, Shui & Harriss(2006)发现,1997~2003 年中国约有 7%~14% 的碳排放是由出口到美国的商品导致的; Wang & Watson(2007)则发现,2004 年中国净出口碳排放约占国内碳排放总量的 23%; Weber, Peters & Guan(2008)发现,中国净出口产品的碳排放量占国内碳排放总量的比重已从 1978 年的 12% 增

加到 2005 年的三分之一强。虽然研究的方法和结果不尽相同,但是,这一研究思路对于我国节能减排政策的实施以及国际减排责任的界定都是有益的。对外贸易的第二个因素——外商直接投资(FDI),估计结果显示,其对 CO₂ 排放具有负效应,即 FDI 能有效降低 CO₂ 排放量。FDI 对 CO₂ 减排的促进作用主要是通过国外先进技术的引进实现的, FDI 是国际 R&D 溢出的主要渠道(Keller, 2004)。从“高碳经济”向“低碳经济”转型的基本保证是技术水平的提升,我国是发展中大国,研发能力和创新能力有限,与发达国家在低碳技术方面还存在较大落差,例如,电力行业中煤电的整体煤气化联合循环技术仍不太成熟;大型风力发电设备、燃料电池技术等与发达国家相比有不小差距;去碳技术成本也将面临挑战。在此背景下,我国一方面要加大自主研发力度;另一方面也需要借助 FDI 渠道的技术溢出效应来学习外国的先进技术和方法,以此促进本国的技术进步。因此,合理的外资政策,提升 FDI 渠道 R&D 溢出对节能减排的技术贡献,对于中国经济的低碳转型具有重要意义。

四、主要结论与政策启示

1、结论

本文选取 1995~2009 年我国 30 个省、自治区和直辖市的人均 CO₂ 排放量和人均 GDP 数据,构建 Panel Data 模型来识别我国 CO₂ 排放的环境库兹涅茨效应,在此基础上对影响 CO₂ 排放的因素进行了分解,得到两点基本结论:

第一,依照中国目前的经济增长方式,CO₂ 排放不具备倒“U”型的库兹涅茨效应,现实的 CO₂ 排放路径为“N”型,即随着人均 GDP 的增加,人均 CO₂ 排放量会一直增加,而且当人均 GDP 达到 38687 元后,CO₂ 排放的增速会更快,因此,必须转变现有经济增长方式、发展低碳经济。

第二,影响 CO₂ 排放的因素识别结果显示,人均 GDP、固定资产投资率、工业占比、能源消费结构对 CO₂ 排放量具有正效应;第三产业占比、能源强度、外商直接投资对 CO₂ 排放量具有负效应;贸易

差额对 CO₂ 排放的影响不显著,但是,贸易内涵排放问题不可忽视。

2、政策启示

基于上述结论,我国的低碳经济发展应该从产业结构、能源结构、贸易结构三方面入手,选择发展与环境兼顾的低碳政策。具体如下:

第一,优化产业结构。CO₂ 排放强度对产业结构的调整高度敏感,因此,调整产业结构是我国近期内发展低碳经济的核心任务。通过抑制高耗能、高排放行业的发展,淘汰落后产能可以显著降低 CO₂ 排放。但是,现阶段一些高碳产业仍然是支撑我国国民经济发展的主导产业,对于这样的重点产业,应该加快推进清洁生产,加大技术攻关力度,开发低碳技术和低碳产品,逐步实现高碳产业“低碳化”,以技术进步带动整个产业升级。与此同时,应该制定和完善产业扶持政策,加快第三产业及第二产业中新兴低碳产业的发展,以此降低整个生产过程中的 CO₂ 排放。

第二,调整能源结构。对于降低 CO₂ 排放强度的效果而言,能源结构调整比总量变化显著,这一结论已经在前面的分析中得到验证,因此,调整我国目前以煤炭为主的能源结构对于减少 CO₂ 排放至关重要。客观地讲,能源结构在一定程度上受资源结构制约,但这并非绝对因素。美国是世界第一煤炭资源大国,但是在它的能源结构中煤炭占比非

常少。美国的煤炭储采比大约为 400,即按照当前的生产水平,美国的煤炭储量可供开采 400 年,而中国的煤炭储采比仅为 40 左右,不仅远低于美国,也低于世界平均水平 119。对于中国来说,改善能源结构就是要逐步降低煤炭在能源消费中的占比,能源需求的缺口由其他低碳型能源补足,现阶段尤其应该增加天然气比重,因为相对煤炭和石油,天然气的碳排放水平更低;而相对核能等新能源开发,天然气的技术和投入要求也比较低,适合中国低碳经济的发展要求。

第三,改善贸易结构。从国际贸易视角出发,中国目前的 CO₂ 排放中有大量发达国家的“转移排放”,不仅增加了国内的能源消耗,也加剧了国际社会对我国的减排压力。针对这种情况,首先要利用产业政策和贸易政策的调整,严格控制“两高一资”产品出口及加工贸易的增长,虽然可能暂时牺牲一定的贸易利益,但换取的是长期环境保护利益;其次,积极扩大服务贸易出口,服务业的耗能相对较低,增加服务贸易的出口比重,可以保证在不牺牲贸易顺差的情况下减少国内能源消耗;最后,在国际减排责任的认定中,积极呼吁以“消费排放”作为减排认定的标准,即从福利角度衡量各国碳排放的责任,避免生产者 and 消费者谁更获益的争论以及重复计算问题。

参考文献:

- [1] Baldwin, R. Does Sustainability Require Growth? The Economics of Sustainable Development [J]. Beacon Press, Boston, MA, 1995.
- [2] De Bruyn, S. M. Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environmental Kuznets Curves [J]. Ecological Economics, 1998, (25).
- [3] Giles, D. E., Mosk, C. Ruminant Eructation and a Long-run Environmental Kuznets Curve for Enteric Methane in New Zealand: Conventional and Fuzzy Regression [R]. Econometrics Working Paper, 2003, (6).
- [4] Grossman, G. M., Krueger, A. B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement [J]. The Mexico - U. S. Free Trade Agreement, 1993, (11).
- [5] Grossman, G. M. and Krueger, A. B. Economic Growth and the Environment [R]. NBER Working Paper Series, 1994, (4634).
- [6] Keller W. International Technology Diffusion [J]. Journal of Economic Literature, 2004, 42, (3).
- [7] Komen, M. H., Gerking, S., Folmer, H. Income and Environmental R&D: Empirical Evidence from OECD Countries [J]. Environment and Development Economics, 1997, 2, (4).
- [8] Kuznets, S. Economic Growth and Income Inequality [J]. American Economic Review, 1976, (45).

- [9] Ng, Y. K., Wang, J. Relative Income, Aspiration, Environmental Quality, Individual and Political Myopia: Why may the Race for Material Growth be Welfare - Reducing? [J]. *Mathematical Social Sciences* 1993, 26, (1).
- [10] Noriyuki Goto. Macroeconomic and Sectoral Impacts of Carbon Taxation: A case for the Japanese Economy [J]. *Energy Economics*, 1995, 17, (4).
- [11] Panayotou, T. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. Geneva [R]. Switzerland: International Labour Office, Working Paper, 1993, (238).
- [12] Panayotou, T. Economic Growth and the Environment [R]. Harvard University, CID Working Paper, 2000, (56).
- [13] Pezzey, J. Sustainable Development Concepts: an Economic Analysis [R]. World Bank paper, 1992, (11425).
- [14] Roca, J. Do Individual Preferences Explain the Environmental Kuznets Curve? [J]. *Ecological Economics*, 2003, 45, (1).
- [15] Selden, T. M., Song, D. Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution? [J]. *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 1994, (27).
- [16] Shafik, N., Bandyopadhyay, S. Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross - Country Evidence [R]. Background Paper for World Development Report [R]. World Bank, Washington, DC., 1992.
- [17] Simon Kuznets. Economic Growth and Income Inequality [J]. *The American Economic Review*, 1955, (45).
- [18] Song Tao, Ting Guozheng, Tong Lian jun. An Empirical Test of the Environmental Kuznets Curve in China: A Panel Cointegration Approach [J]. *China Economic Review*, 2008, (19).
- [19] Wiepke Wissemee, Rob Dellink. AGE Analysis of the Impact of a Carbon Energy Tax on the Irish Economy [J]. *Ecological Economics*, 2007, 61, (4).
- [20] 丁志国, 赵宣凯, 赵晶. 国际资本流动对中国股市的影响 [J]. 北京: 中国软科学, 2011, (11).
- [21] 樊纲. 走向低碳发展: 中国与世界 [M]. 北京: 中国经济出版社, 2010.
- [22] 高辉. 环境污染与经济增长方式转变——来自中国省际面板数据的证据 [J]. 成都: 财经科学, 2009, (4).
- [23] 林伯强, 蒋竺均. 中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析 [J]. 北京: 管理世界, 2009, (4).
- [24] 陆虹. 中国环境问题与经济发展的关系分析——以大气污染为例 [J]. 上海: 财经研究, 2000, (10).
- [25] 李国志, 李宗植. 中国二氧化碳排放的区域差异和影响因素研究 [J]. 济南: 中国人口·资源与环境, 2010, (5).
- [26] 丁志国, 苏治, 赵晶. 资产系统性风险跨期时变的内生性: 由理论证明到实证检验 [J]. 北京: 中国社会科学, 2012, (4).
- [27] 滕玉华, 刘长进. 外商直接投资的 R&D 溢出与中国区域能源效率 [J]. 济南: 中国人口·资源与环境, 2010, (8).
- [28] 彭水军, 包群. 中国经济增长与环境污染——基于时序数据的经验分析 (1985—2003) [J]. 南昌: 当代财经, 2006, (7).
- [29] 许广月, 宋德勇. 我国出口贸易、经济增长与碳排放关系的实证研究 [J]. 北京: 国际贸易问题, 2010, (1).
- [30] 徐国泉, 刘则渊, 姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析: 1995—2004 [J]. 济南: 中国人口·资源与环境, 2006, (6).
- [31] 姚愉芳, 齐舒畅. 中国进出口贸易与经济、就业、能源关系及对策研究 [J]. 北京: 数量经济技术研究, 2008, (10).
- [32] 袁鹏, 程施. 我国能源效率的影响因素: 文献综述 [J]. 兰州: 科学·经济·社会, 2010, (4).
- [33] 张贤, 周勇. 外商直接投资对我国能源强度的空间效应分析 [J]. 北京: 数量经济技术经济研究, 2007, (1).

The Identification of the Environmental Kuznets Curve about the Carbon Emissions and the Corresponding Policies of Low-Carbon Economy

GU Ning, JIANG Ping-ping

(Business School of Jilin University, Changchun, Jilin, 130012, China)

Abstract: Reducing greenhouse gas emission and developing low-carbon economy has become one of the problems economists concern. The study of the relationship between environment pollution and economic growth usually use the environmental Kuznets curve. This paper primarily employs Panel Data to investigate the changing tendency of carbon emissions using Chinese provincial data over 1995 ~ 2009 as well as identify the influencing factors of carbon emissions. The empirical test proves that: (1) China's carbon emissions does not have the inverted "U" shape Kuznets Effect. Developed countries could realize the inverted "U" shape by adjusting the economy structure and energy consumption structure while China has to face the reality determined by its industrial structure and energy structure. The increasing speed of carbon emissions will be higher when per capita GDP reaches 39687 RMB. In 2010, the GDP of China mainland is 39798.3 billion RMB and the population according to the sixth census is 1339724852. Thus we can calculate that per capita GDP is 29706.32 RMB. If China keep the economic growth of 7% formulated by "The Twelfth Five-Year Plan", it will take 4.3 years to reach the inflection point, which means that not only does China can realize the promise of a decrease between 40% and 45% of carbon dioxide (CO₂) per unit of GDP in 2020, but pays a heavy price of environment for its economic growth. Thus, transforming the present economic growth mode and developing low-carbon economy becomes a important goal of China currently. (2) Two macro factors named per capita GDP and the rate of fixed asset investment have positive influence on the amount of carbon emissions. Among the two factors reflecting industrial structure, the proportion of the secondary industry has a positive effect while the proportion of the tertiary industry has a negative effect on the amount of carbon emissions, which means that the amount of carbon emissions will decrease along with the optimization of industrial structure. Among the two factors reflecting energy structure, energy consumption structure has a positive effect while energy intensity has a negative effect on carbon emissions. Considering China's national condition, the key of reducing carbon emissions lies in the adjustment of energy structure. Among the two factors reflecting trade structure, trade gap is not significant while foreign direct investment (FDI) has a negative effect on carbon emissions. Thus, it's vital for China's low-carbon transformation to establish a reasonable foreign investment policy to promote the R&D spillover contribution in energy-saving and emission reduction.

Based on the result of the empirical test, China's low-carbon economy should mainly focus on the following structural issues: First, optimize the industrial structure. Restraining the development of high energy-consuming industry and highly polluting industry and propping up low-carbon industry will significantly reduce the carbon emissions. Second, adjust the energy structure. Natural gas has a lower carbon emissions compared to coal or oil as well as a lower requirements with technology and investment compared to nuclear energy. There's no doubt that increasing the proportion of natural gas will improve China's energy structure. Third, improve the trade structure. From the perspective of international trade, the "trans-emission" counts for a big proportion in China's present carbon emissions. To change the present situation, the following measures are important. In the first place, control the development of processing trade and encourage the development of service trade. Furthermore, by the identification of international emission responsibility, we should actively appeal for taking the "consumption emissions" as the standard of emission reduction identification, which can avoid not only the argument of whether the producers or consumers can gain more benefit, but also the problem of double counting.

Key Words: carbon emissions; the Kuznets Effect; low-carbon policies; Panel Data models

(责任编辑:月 才)