

文章编号: 1000-5862(2017)04-0348-06

产业结构高级化对碳排放的影响效应分析 ——基于面板门槛模型的实证分析

龚海林, 周子龙

(江西师范大学数学与信息科学学院, 江西 南昌 330022)

摘要: 产业结构优化是影响碳排放的重要因素, 主要分析了在不同经济状态下产业结构高级化过程中对碳排放的影响效应。研究结果表明: 适当水平下的产业结构高级化程度对碳排放产生显著抑制效应; 而现阶段随着经济的增长, 产业结构高级化对碳排放的抑制效应呈递减趋势; 技术水平越高, 产业结构高级化对碳排放的抑制效应呈递增趋势; 当以能源消费结构和外商直接投资为门槛变量时, 产业结构高级化对碳排放的边际效应呈现正“U”型。

关键词: 产业结构高级化; 碳排放; 抑制效应; 门槛效应

中图分类号: F 062.9 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2017.04.04

0 引言

改革开放以来, 为了发展我国经济, 高能耗、高污染的工业成为经济增长的主要支柱产业, 形成了“以污染换增长”的产业格局, 致使我国环境污染问题日益加剧。在倡导低碳经济和绿色发展的时代背景下, 中国政府正在努力通过产业结构优化这一途径来调整我国经济增长方式, 这对减轻当前严重的环境污染问题有积极作用。基于中国政府提出到2020年全国单位国内生产总值CO₂排放比2005年下降40%~45%的基准要求下, 深入研究我国产业结构优化与碳排放之间的内在联系具有重要意义。

国内外学者对经济增长、技术进步和环境规制等经济变量与碳排放的关系进行了大量研究, 发现经济增长与碳排放存在环境库茨涅茨曲线EKC、环境规制与碳排放存在“绿色悖论”及“倒逼减排”等经济现象^[1-8], 当前我国正处于经济发展方式转型阶段, 不合理的产业格局亟需调整。国内许多学者从产业结构的合理化角度研究了促使碳排放增加或减少的产业因素, 虞义华等^[9]通过可行性广义估计模型研究了我国第2产业与碳排放的线性关系, 发现第2产业比例同碳排放存在正向关系, 认为通过对产业结构进行调整可以实现碳减排目标; 李健等^[10]运用灰色关联分析的方法研究我国3种产业结构之间的关联, 结果得到第2产业相对第1、第3产业来说是增加碳排放的主要因素, 第3产业与碳排放的

关系不明确, 需要进一步研究; 郭朝先^[11]采用LMDI分解方法分析产业结构对碳排放的影响, 研究发现高耗能产业比例上升1%会导致碳排放量增加2.2~2.9亿t, 而未来产业结构优化有助于减少碳排放; 吴振信^[12]通过建立个体固定效应模型, 结果表明产业结构与碳排放存在长期稳定的均衡关系, 且第2产业比例的下降能够有效减少碳排放量; 仲伟周^[13]研究发现第2产业和煤炭消费在经济结构所占比值较高的地区的碳排放强度也越高, 而通过优化产业结构和能源消费结构可以有效减少碳排放。

梳理上述文献可知, 现有研究主要从2方面分析我国碳排放影响: 1) 对碳排放的影响进行因素分解; 2) 从影响机制角度探讨产业结构与碳排放的关系。鲜有文献分析产业结构优化过程中高级化层面的3次产业比例的异质性对碳排放产生的差异性影响, 以及当比例值同一时经济发展阶段相适应的区间性问题, 在优化过程中产业结构与碳排放的关系受到其它经济变量怎样的影响? 赵儒煜^[14]在评述产业结构与碳排放关系时指出已有文献过于简单的探讨产业结构在碳排放整体影响因素体系中的作用, 未考虑产业结构与经济增长、能源消费结构等变量的内在联系, 不具有长期的实际指导意义。上述观点给本文以新的启发: 产业结构高级化过程中对碳排放的影响效应可能存在若干个门槛, 当各省份的3次产业比例值对应不同的门槛区间时, 产业结构对碳排放的影响效应存在显著差异; 同时, 结合经济水平、能源消费和技术水平与产业结构的相互关系, 讨论产业结构高级化对碳排放的影响效应。解决这些问题对我国目前经济转型、

收稿日期: 2017-03-10

基金项目: 国家自然科学基金(71563021)和江西省教育厅科技计划(GJJ14231)资助项目。

作者简介: 龚海林(1974-), 男, 江西进贤人, 副教授, 博士, 主要从事数量经济方面的研究。E-mail: gonghailin6@163.com

产业结构优化和减少碳排放都具有十分重要的意义. 本文从以下2个方面进行实证分析: 1) 在控制变量中引入人均生产总值及其平方项来验证环境库茨涅茨假说; 2) 运用面板门槛模型分析在产业高级化层面优化产业结构过程中产业结构对碳排放的影响是否存在“门槛效应”. 进一步分析在经济增长、技术进步和能源消费结构等不同经济常态下产业结构高级化对碳排放的影响效应.

1 基本模型与理论分析

1.1 门槛模型建立

P. R. Enrich 等首先用 IPAT 模型来研究经济增长与环境之间的关系. 随后一些学者用 CO_2 排放来代替 I 得到 Kaya 模型^①. 本文在验证环境库茨涅茨假说的同时进一步研究产业结构升级对碳排放的影响效应. 改进上述模型得到适应本文研究的面板模型

$$L_C = \mu_i + \beta_1 I_{Sit} + \beta_2 R_{GDPit} + \beta_3 R_{GDPit}^2 + \beta_4 E_{Sit} + \beta_5 L_{FDIt} + \beta_6 I_{Tit} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中 i 表示不同的地区, t 表示年份, β 表示不同变量对碳排放的影响系数, ε_{it} 表示随机干扰因素, μ_i 为表示地区差异的个体效应, 如消费习惯、地区文化等; 被解释变量 L_C 为各省份 CO_2 排放总量^②; 解释变量 I_S 为产业结构高级化指数; 控制变量 X_{it} 包括人均生产总值 R_{GDP} 及其平方项、能源消费结构 E_S 、技术水平 I_T 、外商直接投资 L_{FDI} . 本文借鉴 B. E. Hansen 等^[15] 提出的面板门槛回归模型实证分析产业结构高级化对碳排放的影响效应, 改进模型 (1) 得到面板门槛回归模型

$$L_{Cit} = \mu_i + \lambda_i X_{it} + \beta_1 I_{Sit} I(q_{it} \leq \gamma) + \beta_2 I_{Sit} I(q_{it} > \gamma) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中模型相应变量定义与 (1) 式相同; 而 q_{it} 是门槛变量; I 为一个示性函数, 它在条件成立时取值为 1, 否则为 0. 门槛值 γ 不同会影响 I 的取值. 模型 (2) 表示单一门槛值的回归方程, 在实际问题中需要考虑出现多重门槛的情形, 建构多重门槛模型

$$L_{Cit} = \mu_i + \lambda_i X_{it} + \beta_1 I_{Sit} I(q_{it} \leq \gamma_1) + \beta_2 I_{Sit} I(\gamma_1 < q_{it} \leq \gamma_2) + \beta_3 I_{Sit} I(\gamma_2 < q_{it} \leq \gamma_3) + \dots + \beta_n I_{Sit} I(q_{it} < \gamma_n) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

对于模型 (2) 和 (3) 门槛效应检验和参数估计的理论方法, B. E. Hansen 等给出了详细证明, 主要思想是通过 Bootstrap (自抽样法) 构造似然比检验的渐进分布. 构造似然比统计量 $F_1 = (S_0 - S_1(\hat{\gamma})) / \hat{\delta}^2$ 验证模型门槛效应的存在性; 构造似然比统计量

$L_{R1}(\gamma) = (S_1(\gamma) - S_1(\hat{\gamma})) / \hat{\delta}^2$ 验证门槛值是否和真实值相等; 构造似然统计量 $F_2 = (S_1(\hat{\gamma}_1) - S_2(\hat{\gamma}_2)) / \hat{\delta}^2$ 验证模型多门槛效应的存在性. 基于本文研究重点, 详细证明过程不再阐述.

1.2 变量说明及描述性统计分析

本文选取 2000—2012 年全国内地 30 个省份除西藏外的面板数据, 数据主要来源《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国贸易外经济统计年鉴》及各省市统计年鉴. 在处理地区生产总值 GDP 和第 2、第 3 产业增加值时, 本文以 2000 年为基准期并利用各地区的生产总值指数作价格平滑处理, 得到各地区的实际生产总值 GDP 和实际第 2、第 3 产业增值; 在处理外商直接投资 L_{FDI} 时, 根据当年人民币对美元汇率统一换算成人民币为单位; 对统计年鉴中有关少数省份某些年份数据缺失的情况, 采用平滑处理的方法补入数据.

各变量说明如下: 1) 被解释变量碳排放 (L_C) 用 CO_2 排放总量来表示, 由于我国没有直接统计 CO_2 排量的数据, 本文利用政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的估计方法, 选取煤炭、煤油、焦炭、原油、汽油、柴油、燃料油和天然气 8 种能源折算标准煤后计算各省份 CO_2 排放量, 各种能源折标煤系数、氧化系数和燃烧热值等数据来自《中国能源统计年鉴》. 2) 产业结构高级化是指随着经济的不断增长, 产业结构由低层次向高层次发展演变的过程, 内容包括产业重点依次转移、要素密集度依次转移和产品形态依次转移. 本文用第 3 产业增加值与第 2 产业增加值的比值作为产业结构高级化的代理指标 (I_S). 3) 人口是影响碳排放一个重要因素, 而人口在短时期内比较稳定, 难以进行直接的统计检验, 本文选用人均生产总值 (R_{GDP}) 及其平方项 (R_{GDP}^2) 作为代理指标, 验证环境库茨涅茨假说关于经济增长与碳排放之间可能存在倒 U 型的非线性关系. 4) 煤炭在我国能源消费中占主要地位, 是我国碳排放的主要来源. 我国东、中、西部地区煤炭消费比例存在较大差异, 这主要由我国资源分布概况决定, 同时也和地区产业结构、技术水平存在较大关系. 本文的能源消费结构 (E_S) 主要考虑煤炭消费结构. 5) 技术进步指能使一定量的投入生产出更多产值的所有影响因素共同发生作用的过程, 本文用地区生产总值与能源消费总量的比例作为技术水平的代理指标 (I_T), 即消耗单位能源的 GDP 产值, 指标直接考虑能源投入和产值间接衡量低碳技术水平, 单位能耗越低低碳技术水平越高, 能源利用效率越高, 单位能源消耗带来的

① IPAT 模型: $I = PAT$; Kaya 模型: $\text{CO}_2 = PAT$.

② 取对数形式消除数量级带来的内生性问题, 下同.

产值就越高. 6) 用各地区实际利用外商投资额 (L_{FDI}) 作为 FDI 的代理指标, 由于各地区经济增长、产业结构、环境规制等经济因素不一致, 使得外商投资对碳排放带来不同程度的影响, 以经济增长为目

的引进的外商投资和以环境保护为目的引进的外商投资在碳排放影响上具有截然相反的效应. 根据上述收集整理分析得到相关变量的描述性统计分析 (见表 1).

表 1 相关变量描述性统计分析

变量	观测数	单位	均值	标准差	最小值	最大值
L_C	390	万吨标准煤	9.781	0.881	4.477	11.637
I_S	390	%	0.908	0.354	0.502	2.502
R_{GDP}	390	万元/人	1.713	1.228	0.274	6.902
R_{GDP}^2	390	万元/人	4.439	6.951	0.075	47.638
E_S	390	%	0.688	0.241	0.230	1.510
I_T	390	元/万元	0.711	0.293	0.193	1.538
L_{FDI}	390	万元	13.867	1.631	9.675	16.932

2 门槛回归及结果分析

2.1 门槛效应检验

门槛回归模型中的门槛变量 q_{it} 既可以是解释变量本身, 也可以是其它的控制变量. 为了分析当第 3 产业相对第 2 产业的比例达到某个阈值时, 产业结构高级化对碳排放的影响系数在原有水平上的变化情况. 一方面, 选用产业结构高级化指数自身作为门槛变量, 研究在升级过程中对碳排放影响效应的变化; 另一方面, 把控制变量 R_{GDP} 、 E_S 、 I_T 、 L_{FDI} 作为门槛变量, 研究经济水平、能源消费和技术水平等变量

在产业结构高级化与碳排放关系中的作用.

利用 Stata12.0 软件对模型 (3) 中 $q = I_S$ 、 R_{GDP} 、 E_S 、 I_T 、 L_{FDI} 分别在自抽样 300 次下进行门槛回归. 在模型检验之前, 首先要确定模型中的门槛个数, 其次使用 Bootstrap 法构造似然比检验 F 统计量的渐进分布, 并最终得到接受原假设的 P 值. 表 2 给出了单门槛、双门槛和 3 门槛的检验结果. 结果显示 5 个门槛变量的单一门槛、双重门槛效应均在 5% 水平下显著, 3 门槛的 F 统计量 P 值均大于显著性水平 5%, 未通过检验, 因此可根据门槛效应检验结果建立双重门槛模型.

表 2 门槛效应检验结果

门槛变量	单门槛			双门槛			3 门槛		
	F 值	P 值	5% 临界值	F 值	P 值	5% 临界值	F 值	P 值	5% 临界值
I_S	33.030	0.010	65.052	21.269	0.000	-2.055	0.000	0.327	0.000
R_{GDP}	52.203	0.010	35.889	39.408	0.000	-9.828	0.000	0.260	0.000
E_S	18.494	0.030	15.028	124.029	0.000	-10.292	0.000	0.207	0.000
I_T	60.894	0.000	29.827	33.228	0.000	-10.044	0.000	0.710	0.000
L_{FDI}	36.580	0.010	24.253	55.440	0.000	-4.367	0.000	0.327	0.000

表 3 列出了双重门槛模型中门槛值 γ_1 和 γ_2 的估计值以及 95% 的置信区间, 图 1 和图 2 展示了利用似然比函数分析门槛估计值与置信区间的构造过程^①. 以产业结构作为门槛变量的双门槛模型为例,

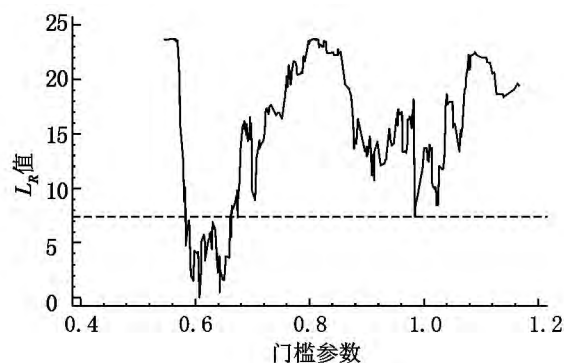
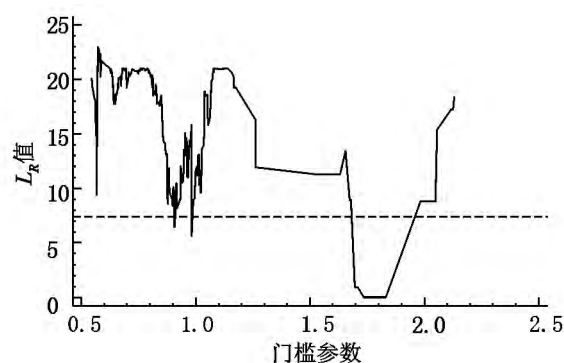
较小的门槛值为 0.608 (见图 1), 其 $L_R(0.608)$ 值 < 临界值 $c(0.05) = 7.35$; 较大的门槛值为 1.782 (见图 2), 其 $L_R(1.782)$ 值 < 临界值 $c(0.05) = 7.35$, 验证得到 2 个门槛值在统计学意义上是显著的.

表 3 门槛估计值和置信区间

门槛变量	门槛特征	估计值		95% 置信区间
I_S	倒“U”型	$\gamma_1 = 0.608^{**}$	$\gamma_2 = 1.782^{***}$	[0.583, 0.674], [0.906, 1.830]
R_{GDP}	系数递减型	$\gamma_1 = 1.299^{**}$	$\gamma_2 = 2.397^{***}$	[1.144, 1.430], [1.834, 2.724]
E_S	正“U”型	$\gamma_1 = 0.507^{***}$	$\gamma_2 = 1.150^{***}$	[0.490, 0.520], [1.150, 1.320]
I_T	系数递增型	$\gamma_1 = 0.723^{***}$	$\gamma_2 = 0.949^{***}$	[0.674, 0.737], [0.928, 1.016]
L_{FDI}	正“U”型	$\gamma_1 = 12.985^{***}$	$\gamma_2 = 15.512^{***}$	[12.86, 13.27], [15.48, 15.78]

注: ***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 水平下显著, 下同.

① 95% 置信水平下, 临界值 $c(a) = 7.35$, 限于篇幅省略了 R_{GDP} 、 E_S 、 I_T 、 L_{FDI} 门槛变量的似然比函数.

图1 I_s 第1个门槛估计值和置信区间图2 I_s 第2个门槛估计值和置信区间

2.2 门槛回归及结果分析

表4是双重门槛模型回归得到的参数估计结果,其中控制变量 R_{GDP} 对碳排放的边际系数在5次回归结果中均通过了5%水平的显著性检验,且边际系数一致为正; R_{GDP}^2 的边际系数估计值也都通过5%水平的显著性检验,但其边际系数一致为负,回归结果表明经济增长和碳排放之间存在倒U型的曲线关系,回归结果一定程度上验证了环境库茨涅茨假说。技术水平的边际系数一致显著的为负,技术进步既可以改善生产环节的能源利用效率,又可以提高对生产终端污染物的处理能力,技术进步也能够有效抑制我国的碳排放;能源消费结构的边际系数一致显著为正,煤炭和化石燃料的消费必然导致碳排放量的增加,如何有效改善我国能源消费结构值得深思;外商投资的边际系数一致为正,外商投资的增加会促使我国的碳排放量上升,现阶段外商投资在我国的“污染避难”效应大于“技术溢出”效应,过去一味地以经济增长为目的招商引资政策难以满足当期发展,实施更加严格有效的对外贸易政策势在必行。

门槛回归结果显示,当第3产业与第2产业增加值的比例落在不同区间时得到的回归结果中产业结构高级化对碳排放的边际系数符号及其显著性存在明显差异。产业结构高级化对碳排放的抑制作用并不是简单地单调递增或递减,而是会随着产业结构优化“程度”的不同表现出显著差异,产业结构高级化本身与碳排放存在倒“U”型关系。当 $I_s < 0.608$ 时,产业结构高级化对碳排放的边际系数为1.160;当 I_s 跨过门槛值0.608时,产业结构高级化对碳排放的边际系数由正值变为-0.322;当 $I_s > 1.782$ 时,边际系数由-0.322下降至-0.018,但此时的系数估计并未通过显著性检验。

在我国,工业增加值占第2产业增加值的比例基本保持在80%以上,工业又主要以高能耗、高污染的采矿、制造和电力行业为主,上述行业对碳排放增加的贡献值很大,显然第2产业比例过高不利于减少碳排放量。而第3产业主要包含服务业、金融信

息业和科技文化等行业,具有投资小、吸收快、就业容量大和节能环保等特点,其对碳排放增加的贡献值比较小。结果显示当第2、第3产业增加值的比例达到某一合适区间时,即 $0.608 < I_s \leq 1.782$,产业结构高级化能够有效抑制碳排放,此区间有利于减少我国的碳排放量,我国多数省份处在此区间,政府部门应该把握住这个有利条件,扶持第3产业的发展。我国现有的产业结构模式为“二三一”,且这种产业结构模式将长期存在,而“三二一”的产业结构模式尚且难以实现。为此,本文进一步研究了经济水平、能源消费和技术水平等变量在产业结构高级化与碳排放关系中的间接作用,具体分析如下:

1) 当以人均生产总值 R_{GDP} 为门槛变量时,门槛值分别为1.299和2.397。由表4中系数可知此时产业结构高级化对碳排放影响均为负数,但是系数值存在较大差异。人均GDP低于1.299万元时,产业结构高级化对碳排放的边际系数为-1.112;当人均GDP在1.299~2.397万元时,边际系数为-0.757;当人均GDP超过2.397万元时,边际系数为-0.342。由此发现现阶段随着经济的增长,产业结构高级化对碳排放的抑制效应呈递减趋势。经济增长是促使碳排放增加的主要原因,随着经济水平的提高人们对环境要求就会越高,环境管制会越来越严格,产业内部结构不合理的矛盾越突出,这一系列因素都会促使产业结构优化对碳排放带来的边际效应下降。我国的中部、西部的经济发展水平与东部比较存在较大的差距,特别是北京、上海、天津等发达省份相比较河南、江西、山西、贵州、甘肃等低经济水平省份差距悬殊,针对上述地区经济水平不平衡的情况,中部和西部地区可以加大产业结构优化强度,东部则需要逐步优化产业内部的结构。

2) 能源消费结构 E_s 在产业结构高级化对碳排放影响的关系中呈现正“U”型双门槛特征,门槛值分别为0.507和1.150。当煤炭消费比例小于0.507时,产业结构高级化对碳排放的边际系数为-0.738;当煤炭比例在0.507~0.1.150时,边际系数为-0.026;当

煤炭消费比例高于 1.150 时, 边际系数由负值变为正值 0.942。当煤炭消费比例超过 1.150 时, 产业结构高级化对碳减排没有积极效应, 主要是由于能源消费结构中高煤炭消费造成的碳排放增加效应要高于产业结构高级化带来的碳排放量下降的效应, 目前中国能源消费结构优化问题急需解决。在经济发展的进程中, 以煤炭为主要消费对象的能源结构并没有发生根本上的改变, 东部煤炭消费比例(0.548)大大的低于中部(0.827)和西部(0.727)。不同地区的产业结构政策应合理实施, 对高煤炭消费地区应该先改善其能源消费结构后再考虑调整产业结构。

3) 技术水平 I_T 存在双门槛特征, 门槛值分别为 0.723 和 0.949。当 $I_T < 0.723$ 时, 产业结构高级化对碳排放的边际系数为 -0.164; 当 $0.723 < I_T < 0.949$ 时, 产业结构高级化对碳排放的边际系数为 -0.484; 当 $I_T > 0.949$ 时, 产业结构优化对碳排放的边际系数为 -0.863。技术水平越高, 产业结构高级化对碳排放的抑制效应呈递增趋势, 在技术水平很低时边际系数并不显著, 而随着技术水平门槛的提高, 产业结构高级化带来的碳排放量下降效果非常明显。也就是说, 同样的产业结构下, 技术水平越发达的地区越有利于减少碳排放。在较低技术水平的西部省份, 如甘肃、

贵州、内蒙、宁夏、青海等这些省份产业结构优化对碳排放下降的作用效果不显著, 政府应当加大对这些省份的技术投入从而现实碳排放的下降。

4) 外商直接投资 L_{FDI} 在产业结构高级化对碳排放影响的关系中呈现正“U”型双门槛特征, 门槛值为 12.985 和 15.512。当 $L_{FDI} < 12.985$ (435 826.7 万元) 时, 产业结构高级化对碳排放的边际系数为 -0.753; 当 $12.985 < L_{FDI} < 15.512$ (5 454 764.0 万元) 时, 产业结构高级化对碳排放的边际系数为 -0.312; 当 $L_{FDI} > 15.512$ 时, 产业结构优化对碳排放的边际系数为 0.556。当产业结构保持不变时, 外商投资的增加会促进碳排放, 且投资额超过 15.512 (5 454 764.0 万元) 时, 外商投资带来的碳排放增加效应超过了产业结构高级化对碳排放下降的效应, 此时政府需要高度重视招商引资。比如北京、广东、江苏、上海、天津这 5 个外商投资吸引较强的省份极大的削弱了产业结构优化带来的碳减排效应, 而西部地区大多省份由于地理位置和经济发展水平等因素对外商投资的吸引很弱, 使得外商投资几乎不会改变西部地区产业结构优化对碳排放的影响。在外商直接投资过程中要权衡好由此带来的技术溢出效应, 有选择的引进低碳、绿色、环保的外商投资企业。

表 4 面板模型回归结果

解释变量	门槛变量				
	I_S	R_{GDP}	E_S	I_T	L_{FDI}
$I_S(q < \gamma_1)$	1.160***	-1.112***	-0.738***	-0.164	-0.753***
$I_S(\gamma_1 < q \leq \gamma_2)$	-0.322**	-0.757***	-0.026	-0.484***	-0.312***
$I_S(q > \gamma_2)$	-0.018	-0.342***	0.942***	-0.863***	0.556***
R_{GDP}	0.531***	—	0.482***	0.742***	0.703***
R_{GDP}^2	-0.049***	-0.017***	-0.030**	-0.066***	-0.087***
E_S	0.499***	0.273*	—	0.309**	0.619***
I_T	-1.191***	-1.370***	-1.176***	—	-0.490***
L_{FDI}	0.321***	0.348***	0.385***	0.282***	—
常数项	4.859***	6.425***	4.743***	4.903***	9.184***

利用我国 2000—2012 年的省级面板数据研究了我国产业结构高级化与碳排放的关系, 从实证结果中得到: 经济增长与碳排放之间存在倒“U”型的非线性关系; 门槛回归结果显示产业结构高级化与碳排放存在倒“U”型的非线性关系, 产业结构高级化指数在 0.608 ~ 1.782 之间时, 产业结构高级化能够有效抑制碳排放; 把经济发展水平、能源消费结构、技术进步和外商直接投资作为门槛变量时均存在双重门槛特征, 当以煤炭消费比例、外商直接投资为门槛变量时, 产业结构高级化与碳排放的关系呈现正“U”型双门槛特征, 技术进步有利于加强产业结构优化对碳排放的抑制作用; 而经济增长呈现相反的作用。此时得到重要启示:

1) 产业结构高级化在适当区间能够显著的降

低碳排放量, 在当前我国治理碳排放环境污染过程中, 大力支持第 3 产业的发展, 合理加大对第 3 产业的投入。而目前作为经济增长支柱的第 2 产业则需要进行产业内部结构的合理调整, 逐步改变以煤炭为主要消费对象的能源消费结构, 加大对太阳能、天然气、核能等可再生能源的研发与利用。加快低碳技术的研究使用, 低碳技术进步在碳减排过程中起着积极的作用, 但是我国在煤炭清洁利用、油气勘探、新能源开发等领域中的低碳技术相对发达国家比较落后, 加快低碳、高新技术的研究迫在眉睫。

2) 合理引进外商投资企业, 优化对外贸易结构。外商投资不仅能够给我国带来“技术溢出”效应, 而且还会产生“污染避难所”效应, 在我国经济发展中是一把双刃剑。因此, 在实现碳排放目标的过

程中,不仅要考虑国内产业结构的优化,同时需要高度关注外资企业在国内造成的环境污染问题,加快制定符合我国国情的外资企业碳排放环境制度,实现经济增长和环境保护2者双赢。

3) 关注区域性差异,合理调整自然资源 and 人力资源的使用。研究结果发现相同的产业结构优化水平在不同能源消费结构和技术水平下达到的减排效果存在差异性。如河北省与浙江省2者产业结构高级化水平分别为0.651和0.695,即产业结构比较接近,但是碳排放存在较大差异。在碳减排过程中需要考虑区域差异性,合理调整自然资源 and 人力资源的使用,在技术较落后的地区制定适当政府扶持政策,吸引创新型企业 and 人才的注入,使自然资源 and 人力资源在各地实现效能最大化,以此全面、高效的推动我国碳排放的降低,实现绿色、低碳的经济增长。

3 参考文献

- [1] Panayotou T. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development [R]. Geneva: International Labour Organization, 1993.
- [2] 张友国. 经济发展方式变化对中国碳排放强度的影响 [J]. 经济研究 2010(4): 120-133.
- [3] 张永军. 技术进步、结构变动与碳生产率增长 [J]. 中国科技论坛 2011(5): 114-120.
- [4] 申萌, 李凯杰, 曲如晓. 技术进步、经济增长与二氧化碳排放: 理论和经验研究 [J]. 世界经济 2012(7): 83-100.
- [5] 李子豪. 外商直接投资对中国碳排放的门槛效应研究 [J]. 资源科学 2015, 37(1): 163-174.
- [6] 徐盈之, 杨英超, 郭进. 环境规制对碳减排的作用路径及效应: 基于中国省级数据的实证分析 [J]. 科学学与科学技术管理 2015, 36(10): 135-146.
- [7] 韩坚, 盛培宏. 产业结构、技术创新与碳排放实证研究 [J]. 上海经济研究 2014(8): 67-74.
- [8] 付凌晖. 我国产业结构高级化与经济增长关系的实证研究 [J]. 统计研究 2010, 27(8): 79-81.
- [9] 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(3): 72-81.
- [10] 李健, 周慧. 中国碳排放强度与产业结构的关联分析 [J]. 中国人口·资源与环境 2012, 22(1): 7-14.
- [11] 郭朝先. 产业结构变动对中国碳排放的影响 [J]. 中国人口·资源与环境 2012, 22(7): 15-20.
- [12] 吴振信, 谢晓晶, 王书平. 经济增长、产业结构对碳排放的影响分析: 基于中国的省际面板数据 [J]. 中国管理科学 2012, 20(3): 161-166.
- [13] 仲伟周, 姜锋, 万晓丽. 我国产业结构变动对碳排放强度影响的实证研究 [J]. 审计与经济研究 2015(6): 88-96.
- [14] 赵儒煜, 邱振卓. 产业结构与碳排放关系研究评述 [J]. 经济纵横 2014(10): 110-113.
- [15] Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation testing and inference [J]. Journal of Econometrics 1999, 93(2): 345-368.

The Impact Effect Analysis of Industrial Structure Upgrade on Carbon Emissions

——Empirical Analysis Based on Panel Threshold Model

GONG Hailin ZHOU Zilong

(College of Mathematics and Informatics, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China)

Abstract: The optimization of industrial structure is an important factor of affecting carbon emissions. The status of industrial structure upgrade impact on carbon emissions in different economic is mainly analyzed. The results of the study show that the appropriate level of industrial structure upgrade can effectively curb carbon emissions. With the economic development now, the curb effect of the industrial structure upgrade impact on carbon emissions shows decreasing trend. The higher level of technology, the curb effect of the industrial structure upgrade impact on carbon emissions presents increasing trend. When sue consumption structure and foreign direct investment as threshold variables, the marginal effect of the industrial structure upgrade impact on carbon emissions has positive "U" type.

Key words: industrial structure upgrade; carbon emissions; curb effects; threshold effect

(责任编辑: 曾剑锋)