

R&D投入、产业结构升级与碳排放关系研究

王 钊 王良虎

(西南大学经济管理学院, 重庆 400715)

〔摘 要〕 本文基于2004~2017年我国30个省市区的面板数据,构建了R&D投入、产业结构升级与碳排放相互关系的**面板数据联立方程模型**,分别从全国层面以及不同地区层面探究了R&D投入、产业结构升级与碳排放之间的相互关系。结果表明:(1)产业结构升级在全国层面和东部地区有效抑制了碳排放,而中、西部地区则增加了碳排放;(2)不论是在全国层面还是在不同地区层面的回归结果中,均得出R&D投入的增加虽然提高了碳排放量,但显著促进了产业结构的升级;(3)产业结构升级和碳排放增加对R&D投入水平的提高形成倒逼机制。

〔关键词〕 R&D投入 产业结构升级 碳排放 面板联立方程模型 能源消费结构 倒逼机制

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2019.05.008

(中图分类号) F205; F121.3 (文献标识码) A

引 言

近些年来,由于人类在生产经营中增加了化石能源的使用量,导致了以二氧化碳为主的温室气体大量排放,对人类生活与社会经济可持续发展造成了严重影响。自改革开放以来中国经济快速发展,但同时也伴随着能源的过度消耗与环境污染等问题。2014~2017年中国能源使用量分别为42.58亿吨标准煤、43.00亿吨标准煤、43.60亿吨标准煤,44.90亿吨标准煤,而2014~2017年中国碳排放量分别为87.07亿吨、86.36亿吨、72.19亿吨、74.71亿吨。能源使用量逐年增加,碳排放量虽然有下降趋势,但中国仍为世界上碳排放量最多的国家,由此国家把减少碳排放、发展低碳经济作为国家发展的重要战略,在国家“十三五”规划中指出,鼓励发展绿色清洁生产,推动建立低碳循环发展的产业体系。在调结构、保增长过程中,R&D投入对产业结构调整具有重要意义。2017年我国**研发经费**为1.75万亿元,比上年增长了11.6%,占GDP比重为2.13%。R&D

投入增加促进了技术进步,而产业结构升级主要是依靠创新来推动,由此得出R&D投入的增加有利于我国调结构、保增长社会经济目标的实现。但研究显示,目前我国R&D投入效率仍处于较低水平。因此,在我国面临节能减排压力增大、产业结构有待优化调整以及R&D投入效率较低的情况时,对于R&D投入、产业结构升级与碳排放之间关系的研究至关重要,同时对我国实现低碳经济发展也具有重要的现实意义。

关于如何降低碳排放量,国内外学者从多个视角进行了富有价值的研究。其中,R&D投入与产业结构升级被认为是影响碳排放的重要因素,但以往的研究关于两者对碳排放影响尚未取得一致性结论。

关于产业结构升级对碳排放的影响基本有两种观点,一种观点认为**产业结构的升级显著降低了碳排放量**。如袁富华(2010)从稳定中国潜在经济发展的角度出发,认为产业结构优化升级对降低碳排放和实现经济可持续发展尤为重要^[1]。李科(2014)采用动态面板平滑转换模型,分析

收稿日期: 2018-11-18

基金项目: 国家社会科学基金青年项目“适度规模经营视角下农业面源污染协同治理路径与金融支持政策研究”(项目编号: 18CGL024); 重庆市研究生科研创新项目“碳排放交易制度对低碳经济发展的研究”(项目编号: CYS18080)。

作者简介: 王钊,西南大学经济管理学院教授,博士,博士生导师。研究方向: 农业农村经济管理、产业组织理论。王良虎,通讯作者,西南大学经济管理学院硕士研究生。研究方向: 产业经济学。

©1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

了中国产业结构与碳排放量之间关系,认为提升产业结构的高端化水平是实现碳减排的有效途径^[2]。周杰琦等(2016)采用省级面板数据,检验了自主研发、产业结构变迁对碳排放绩效的作用,检验结果显示后者对碳排放绩效的影响远远大于前者^[3]。Liu等认为工业规模是影响碳排放的重要因素,而工业结构变动使碳排放量降低了35.14%^[4-6]。张雷等(2011)通过建立产业结构—能耗强度关联模型,实证分析得出假设在第二产业比重下降到60%以下,第三产业比重提高到40%左右时,产业结构调整对减排的贡献度可达到60%^[7]。朱永彬等(2013)对照欧、美、日的产业结构,得出若中国处于相同的产业结构,将分别减少碳排放32%、40%、28%^[8]。王文举和向其凤(2014)从投入产出理论出发,构建了产业结构调整的动态投入产出模型,研究表明仅仅依靠产业结构调整,可使2020年的碳排放量减少39.317~56.3893亿吨^[9]。另一种观点认为主要是技术进步和替代性能源的使用降低了碳排放量,而产业结构的升级对减少碳排放的作用不明显。顾阿伦等(2016)采用1980~2010年能源平衡表中数据,利用LM-DI方法将碳排放量的变化进行分解,研究结果显示中国碳排放强度年均下降率为3.71%,其认为技术进步对碳排放下降速度贡献较大,而产业结构调整的贡献较小^[10]。赵欣和龙如银(2010)定量分析了经济规模、产业结构、技术进步与能源消耗结构对江苏省碳排放的影响,研究发现技术进步与能源消耗结构对江苏省的碳减排起决定性作用,产业结构变动的影响则较弱^[11]。Schipper(2001)对13个IEA国家的制造业碳排放进行了因素分解,认为碳排放的变化主要是由能源消费结构决定的,而产业结构的影响作用并不大^[12]。Casler和Rose(1998)通过分析美国碳排放结构得出替代性能源的使用是碳排放减少的主要原因^[13]。

R&D投入主要是通过促进科技进步来提高能源利用效率,从而降低碳排放水平。何小钢和张耀辉(2012)分析了工业节能减排的转型特征,得出科技进步对节能减排具有显著的正向影响^[14]。

Gerlagh(2007)指出,技术研发能够产生减排的学习效应,从而有效降低强制减排的成本^[15]。Grübler和Messner(1998)基于学习曲线,认为增加研发投入与增强技术学习能力有助于减排目标的顺利完成^[16]。王智新等(2012)在省域层面测度了科技投入效率与全要素碳排放绩效的关系,结果表明,加大科技投入力度明显提高了全要素碳排放的绩效^[17]。姚成胜等(2017)通过研究黑龙江科技投入对农业碳排放的影响,认为科技投入对农业碳排放具有抑制作用且存在滞后效应^[18]。

研发投入是科技创新活动的物质保障和基础,创新活动对产业升级具有积极作用。因此,定量分析研发投入对产业结构升级是一项重要的研究课题。由此,部分学者开始就R&D投入对产业结构升级影响进行了较为详细的研究。饶萍和吴青(2017)基于社会融资规模视角,系统分析了融资结构与研发投入对产业结构升级的影响,实证分析结果表明,研发投入增加促进了产业结构的升级^[19]。王新红和甄程(2012)运用灰色关联分析方法探讨了R&D投入与产业结构优化的灰色相对关联度,分析了R&D投入对产业结构优化的作用效果^[20]。唐清泉和李海威(2011)基于广东R&D投入与产业结构的实证分析,得出研发创新投入影响产业结构和促进产业转型升级的重要因素^[21]。李政和杨思莹(2015)采用面板LA-VAR模型分析了中国创新投入与产业结构之间的关系得出,目前创新投入结构的不合理对产业结构向高级化水平发展造成了一定的障碍,并导致了产业结构凝固^[22]。王海涛和谭宗颖(2014)运用Granger因果检验模型,以中国与美国为例检验了产业结构与科研投入之间的关系,检验结果表明增大研发强度可以推动产业结构向高级化方向发展^[23]。除了以上关于研发投入对产业结构调整的影响外,部分学者认为研发投入的强度是由产业结构决定的。如Iorweth(2009)分析了美国与加拿大的R&D强度差异,认为R&D差异的1/3~1/4是由产业结构的差异造成的^[24]。而Cohen和

Levinthal (1989) 对不同国家 R&D 强度进行对比, 实证得出 R&D 强度差异的 25%~50% 是由产业结构差异决定的^[25]。

通过梳理上述文献, 得知 R&D 投入、产业结构升级对碳排放具有一定的影响, 而 R&D 投入又对产业结构升级有促进作用, 碳排放量增加可能会对 R&D 投入形成倒逼机制。基于此, 本文将通过构建 R&D 投入、产业结构升级与碳排放之间相互关系的面板数据联立方程模型, 试图分析变量之间内在的作用机制, 以探寻 R&D 投入、产业结构升级与碳排放联动发展的制约因素, 以期早日促进我国低碳经济发展目标的实现。

1 数据与模型设定

1.1 样本选择

本文研究样本为全国 30 个省市区 (基于数据的可获得性, 西藏、港、澳、台地区未考虑在内), 并将其划分为东部、中部、西部 3 个地区样本进行分别检验, 样本的时间跨度为 2003~2017 年。表 1 为具体的区域划分情况。

表 1 样本区域划分

| 地区 | 省份 |
|----|----------------------------------|
| 东部 | 北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南 |
| 中部 | 山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南 |
| 西部 | 四川、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广西、内蒙 |

1.2 数据来源与变量选取

1.2.1 数据来源

本文使用的面板数据来自 2004~2018 年各省市区的统计年鉴、《中国科技统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国统计年鉴》。同时考虑到不同年度数据的可比性, 本文以 2003 年为基期, 对各省市区的 GDP、进出口贸易总额、R&D 投入等数据进行了平减处理, 为了消除异方差影响, 对人口规模、人均 GDP 数据进行取对数处理, 部分缺失数据采用趋势拟合估算得到。表 2 为各个

变量的描述性统计分析。

表 2 变量描述性统计分析

| 变量 | 最大值 | 最小值 | 均值 | 标准差 | 观测数 |
|--------|--------|-------|--------|-------|-----|
| CO_2 | 9.318 | 0.099 | 2.553 | 1.926 | 450 |
| S | 2.801 | 1.127 | 2.292 | 0.146 | 450 |
| RD | 0.895 | 0.000 | 0.056 | 0.122 | 450 |
| PS | 9.306 | 6.280 | 8.171 | 0.750 | 450 |
| EDL | 12.587 | 6.663 | 10.264 | 0.929 | 450 |
| LU | 0.896 | 0.241 | 0.468 | 0.143 | 450 |
| ED | 0.989 | 0.012 | 0.198 | 0.152 | 450 |
| ECS | 0.984 | 0.076 | 0.609 | 0.184 | 450 |

数据来源: 各地区统计年鉴、《中国科技统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》。

1.2.2 变量选取

碳排放量 (CO_2): 由于碳排放量尚未有官方统计, 因此本文采用联合国政府间气候变化专门委员会的方法测算碳排放量, 公式如下:

$$CO_2 = \sum_i^3 E_i \times NCV_i \times CC_i \times COF_i \times 44/12 \quad (1)$$

其中, CO_2 表示二氧化碳排放总量; i 表示煤、石油、天然气; E_i 为 3 种能源消耗量; NCV_i 、 CC_i 、 COF_i 分别表示平均低位发热量、单位热量含碳水平、能源燃烧时的碳氧化率; 44 与 12 分别指二氧化碳与碳的分子量, NCV_i 、 CC_i 、 COF_i 三项相乘为碳排放系数。目前, 关于碳排放系数尚未统一规定, 因此本文借鉴郭炳南和林基 (2017) 的研究, 规定煤、石油、天然气的碳排放系数分别为 0.7329、0.5574、0.4226^[26]。

产业结构升级 (S): 对于产业结构升级的度量, 大多数采用非农产业的比重、第三产业与第二产业的比值或高技术产业占工业增加值的比重等方法衡量, 但这些方法未能对产业结构升级进行全面而准确的衡量。因此本文参考徐敏和姜勇 (2015) 的方法^[27], 构建如下产业结构的升级指数:

$$S = r_1 \times 1 + r_2 \times 2 + r_3 \times 3 \quad (2)$$

其中 S 表示产业结构升级指数; r_1 、 r_2 、 r_3 分别为第一、第二和第三产业产值占 GDP 的比重。

R&D投入(RD): R&D投入按用途划分可分为研究与实验发展投入和经费内部投入,其中经费内部投入与创新之间的联系较为密切^[22]。因此,将经费内部投入占GDP比重作为本文R&D投入的衡量标准。

控制变量: 为了得到较为准确的实证结构,本文借鉴已有研究分别将人口规模(PS)、经济发展水平(EDL)、城镇化水平(LU)、对外依存度(ED)以及能源消耗结构(ECS)作为控制变量加入模型当中。人口规模为各地区人口总数;经济发展水平采用人均GDP表征;城镇化水平为各地区城镇人口占总人口比重;对外依存度为进出口贸易总额与GDP比值;能源消费结构为煤炭消耗量占总能源消耗量的比重。

1.3 模型构建

本文研究R&D投入、产业结构升级与碳排放之间相互关系,试图分析变量间内在的作用机制,因此,借鉴Bhatia(1972)与Peng(1994)的方法^[28-29],构建面板联立方程模型,并加入R&D投入、产业结构升级与碳排放滞后一期。具体模型如下所示:

$$\begin{aligned} CO_{2it} &= \alpha_1 + \beta_1 S_{it} + \theta_1 RD_{it} + \gamma_1 CO_{2it-1} + \lambda_1 Control_{it} + \xi_{1it} \\ S_{it} &= \alpha_2 + \beta_2 CO_{2it} + \theta_2 RD_{it} + \gamma_2 S_{it-1} + \lambda_2 Control_{it} + \xi_{2it} \\ RD_{it} &= \alpha_3 + \beta_3 S_{it} + \theta_3 CO_{2it} + \gamma_3 RD_{it-1} + \lambda_3 Control_{it} + \xi_{3it} \end{aligned} \quad (3)$$

其中, i 和 t 分别表示地区与时间; CO_2 、 $Struc$ —

$ture$ 、 RD 分别为二氧化碳排放量、产业结构升级指数、 $R\&D$ 投入; $Control$ 为控制变量; β 、 θ 、 λ 为待估参数; α 为常数项; ξ 为随机干扰项。

2 实证结果与分析

对面板数据联立方程模型的估计,首先要判别联立方程模型的可识别性,通过检验得知联立方程的阶条件和秩条件均成立且为过度识别。因此,可采用两阶段最小二乘法(2SLS)或三阶段最小二乘法(3SLS)对模型进行估计。而3SLS是将所有方程作为一个整体进行估计,能有效消除不同方程误差项之间存在的相关性,可提高估计结果的准确性。基于此,本文采用3SLS对模型进行估计。同时,考虑到我国东部、中部、西部地区所处的地理位置以及资源禀赋等方面存在的差异,为得到更为真实的实证结果,将研究样本划分为东部、中部、西部地区分别进行分析,并比较各地区之间的回归结果。

2.1 数据平稳性检验

为了避免伪回归,以及保证结果的无偏性与有效性,本文运用相同根单位根LLC检验和不同根单位根Fisher-ADF检验数据的平稳性。由检验结果可看出各个变量均为水平序列平稳,可进行回归分析,检验的结果表略。

2.2 全国层面回归结果与分析

对全国层面各地区进行实证分析,得到相应的回归结果如表3所示。

表3 全国层面回归结果

| 变量 | CO_2 | S | RD |
|--------|------------------|------------------|-----------------|
| CO_2 | | -0.01*** (-3.74) | 0.02*** (6.53) |
| S | -3.13*** (-4.99) | | 0.45*** (12.06) |
| RD | 5.19*** (7.34) | 0.59*** (11.14) | |
| PS | -0.26* (-1.94) | | |
| EDL | | 0.03** (2.95) | -0.03 (-0.52) |
| LU | 2.15** (2.93) | 0.03 (0.49) | |
| ED | | -0.02 (-0.51) | |
| ECS | -0.31 (-0.55) | | |

续 表

| 变量 | CO_2 | S | RD |
|------------|------------------|--------------------|---------------------|
| L_{CO_2} | 0.45 *** (8.61) | | |
| L_S | | -0.23 *** (-3.84) | |
| L_{RD} | | | 0.33 *** (7.31) |
| 常数项 | 9.75 *** (5.02) | 2.53 *** (18.66) | -0.96 *** (-10.45) |
| R^2 | 0.26 | 0.10 | 0.25 |
| 调整 R^2 | 0.25 | 0.09 | 0.24 |
| D. W. 值 | 1.71 | 1.58 | 1.91 |

注: ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10%水平上显著, () 中的数值表示 t 值。

由表 3 的回归结果得知,在全国层面,R&D 投入、产业结构升级与碳排放之间,两两关系的回归系数均在 1%的显著水平下显著。

(1) 碳排放角度。产业结构升级对碳排放影响的回归系数为-3.13,且通过了 1%的检验水平,说明我国产业结构的不断优化升级显著降低了碳排放量。而 R&D 投入对碳排放影响的回归系数为 5.19,这和理论预期不符。可能的原因是 R&D 投入对碳排放影响存在门槛值,当 R&D 投入小于某一水平时,会使碳排放量增加。此外,由于市场发育不完善以及相关法律法规还存在部分缺位问题,重复研发、低层次研发现象较为普遍,未起到很好的减排作用。能源消费结构与人口规模对碳排放有一定的抑制作用,人口规模扩大降低碳排放,显然与事实不符。究其原因,可能是随着人们环保意识的增强,人口规模扩大与高碳产品需求量增加不成正比,但是能源消费结构对减排作用不显著。城镇化水平提高、碳排放滞后一期显著提高了碳排放量,表明在我国快速进行城镇化建设过程中,大量化石能源的使用增加了碳排放量。

(2) 产业结构升级角度。碳排放对产业结构升级影响的回归系数为-0.01,表明碳排放的增加阻碍了产业结构升级。而 R&D 投入促进了产业结构的优化升级,与事实相符。经济发展水平、城镇化水平对产业结构升级影响为正,对外依存度对产业结构升级具有抑制作用,由此说明我国目前的贸易结构还不尽合理,未能有效通过贸易活动利用外国先进技术,以促进本国的产业结构转型升级。

(3) R&D 投入角度。碳排放和产业结构升级对 R&D 投入的影响系数分别为 0.02、0.45,说明减排压力的存在势必增加 R&D 投入,碳排放增加对 R&D 投入形成一种倒逼机制。同样,由于产业结构的优化升级需要一定的研发资金支持,因此,随着产业结构的不断升级,研发投入水平也需逐步提高。但经济发展水平提高未对增加研发投入起到推动作用,可能原因是市场不完善,未能形成有效的激励机制。

2.3 区域层面回归结果分析

对区域层面进行实证分析,得到相应的回归结果如表 4~6 所示。

表 4 东部地区回归结果

| 变量 | CO_2 | S | RD |
|--------|--------------------|--------------------|------------------|
| CO_2 | | -0.05 *** (-7.49) | 0.07 *** (7.36) |
| S | -7.61 *** (-7.60) | | 0.63 *** (5.78) |
| RD | 4.35 *** (7.66) | 0.30 *** (6.16) | |
| PS | -1.06 ** (-2.69) | | |

续 表

| 变量 | CO_2 | S | RD |
|------------|-----------------|------------------|------------------|
| EDL | | -0.04* (-1.71) | 0.02 (0.74) |
| LU | 3.47*** (3.50) | 0.47*** (4.09) | |
| ED | | 0.19** (2.52) | |
| ECS | 5.92*** (4.07) | | |
| L_{CO_2} | 0.06 (0.42) | | |
| L_S | | -0.41*** (-4.11) | |
| L_{RD} | | | 0.31*** (4.57) |
| 常数项 | 23.98*** (4.76) | 3.56*** (12.61) | -1.73*** (-4.28) |
| R^2 | 0.32 | 0.20 | 0.23 |
| 调整 R^2 | 0.29 | 0.17 | 0.21 |
| D. W. 值 | 2.01 | 1.88 | 2.25 |

注: ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10%水平上显著, () 中的数值表示 t 值。

表 5 中部地区回归结果

| 变量 | CO_2 | S | RD |
|------------|------------------|------------------|----------------|
| CO_2 | | 0.02*** (4.22) | 0.01 (1.42) |
| S | 11.08*** (9.04) | | 0.29** (2.62) |
| RD | 2.66 (1.60) | 0.23*** (3.58) | |
| PS | -0.63* (-1.87) | | |
| EDL | | 0.08*** (5.09) | 0.01 (0.81) |
| LU | -7.89*** (-4.64) | -0.39*** (-5.53) | |
| ED | | 0.21** (2.41) | |
| ECE | -4.92*** (-5.29) | | |
| L_{CO_2} | -0.03 (-0.26) | | |
| L_S | | -0.10 (-1.21) | |
| L_{RD} | | | 0.56*** (6.71) |
| 常数项 | -9.19* (-1.94) | 1.19*** (7.10) | -0.07 (-0.52) |
| R^2 | 0.29 | 0.34 | 0.39 |
| 调整 R^2 | 0.27 | 0.31 | 0.36 |
| D. W. 值 | 1.91 | 1.99 | 2.26 |

注: ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10%水平上显著, () 中的数值表示 t 值。

表 6 西部地区回归结果

| 变量 | CO_2 | S | RD |
|--------|---------------|-------------|---------------|
| CO_2 | | 0.01 (0.89) | 0.02** (2.91) |
| S | 0.94 (0.85) | | 0.03 (0.47) |
| RD | 3.22** (3.02) | 0.03 (0.33) | |
| PS | -0.66 (-1.32) | | |

续 表

| 变量 | CO_2 | S | RD |
|------------|---------------|----------------|----------------|
| EDL | | 0.02 (0.81) | 0.01 (1.04) |
| LU | 5.18* (2.44) | 0.21 (0.98) | |
| ED | | -0.02 (-0.04) | |
| ECE | -0.38 (-0.80) | | |
| L_{CO_2} | 0.04 (0.38) | | |
| L_S | | -0.16* (-1.70) | |
| L_{RD} | | | 0.39*** (5.29) |
| 常数项 | -2.52 (-0.83) | 2.36*** (9.23) | -0.07 (-0.41) |
| R^2 | 0.10 | 0.07 | 0.20 |
| 调整 R^2 | 0.05 | 0.03 | 0.18 |
| D. W. 值 | 1.93 | 2.05 | 1.99 |

注: ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10%水平上显著, () 中的数值表示 t 值。

从不同地区的回归结果来看,不同地区得出的结果有所区别:

(1) 碳排放角度。东部地区产业结构升级显著减少了本地区的碳排放量,中、西部地区得出结果则与事实不相符,中部地区产业结构升级显著促进了碳排放,而西部地区产业结构升级虽然对碳排放有正向影响但是不显著。可能是中、西部资金不足、技术落后等原因,导致该地区产业结构升级缓慢,又由于承接东部地区部分高能耗产业的转移,造成该地区碳排放量升高。 $R\&D$ 投入在不同地区均有不同程度提高碳排放量,与全国层面回归结果相一致。东、中、西3个地区人口规模扩大均有利于减少碳排放量,由此说明近些年来我国消费者的环保意识显著提高。城镇化水平提高在东、西部增加了碳排放量,而中部则减少了碳排放。能源消费结构的变化在不同地区对碳排放的影响也有所不同,东部地区能源消费结构提高,增加了碳排放量,中、西部两地区则对碳排放有负向影响,但西部地区的负向作用并不显著。

(2) 产业结构升级角度。东部地区碳排放增加对产业结构升级有显著的抑制作用,而中部与西部地区则有利于产业结构的升级。可能原因是中、西部地区承接了部分东部地区落后产业,导

致本地区碳排放量上升,为突破发展瓶颈而进行产业结构优化升级,即碳排放在中、西部地区对产业结构升级有倒逼性的影响。 $R\&D$ 投入的增加在3个地区均有利于产业结构升级,但在西部地区促进作用不显著,是由于西部地区经济发展较为缓慢,从而 $R\&D$ 投入水平较低。对于其他控制变量,由于不同地区的资源禀赋与地理位置不同对产业结构升级影响略有不同。

(3) $R\&D$ 投入角度。东、中、西3个地区的碳排放与产业结构升级对 $R\&D$ 投入均有不同程度的正向影响,这与全国层面估计结果相吻合。经济发展水平在中部和西部两个地区对提高 $R\&D$ 投入有一定的促进作用但不显著,而中部地区则对增加 $R\&D$ 投入有一定的抑制作用。

2.4 稳健性检验

为了增加模型估计的有效性,本文采用普通最小二乘法(OLS)、广义矩估计(GMM)进行稳健性检验。通过稳健性检验结果得知核心解释变量的符号基本与前文回归结果一致,由此表明分析结果基本稳健,检验结果表略。

3 结论与建议

3.1 结 论

本文通过构建面板数据联立方程模型,将 $R\&D$ 投入、产业结构升级与碳排放纳入到同一个分析

框架中,采用2003~2017年30个省市区的面板数据,探究了R&D投入、产业结构升级与碳排放之间的关系。得出以下结论:(1)在全国层面回归结果中,产业结构升级有效降低了碳排放,而在不同地区回归结果中,只有东部地区与全国层面的回归结果一致,而中部和西部地区回归结果表明随着产业结构升级碳排放量有所增加;(2)不论是在全国层面还是在不同地区回归结果中,均得出R&D投入增加,显著促进了产业结构的升级,同时也增加了碳排放量。主要原因是R&D投入对碳排放影响可能存在门槛值,当R&D投入小于某一水平时,会使碳排放量增加。此外,由于市场发育不完善以及相关法律法规还存在部分缺位问题,重复研发、低层次研发现象较为普遍,在一定程度上未起到很好的减排作用;(3)产业结构升级和碳排放增加对R&D投入形成倒逼机制。面临减排压力与产业结构升级的要求,有必要进一步提高R&D投入水平;(4)随着人们环保意识增强,人们对高碳产品需求减少,由此导致了随着人口规模扩大,碳排放减少。城镇化发展除了在中部地区抑制了碳排放,在其他地区均提高碳排放水平,表明在我国城镇化建设过程中消耗了大量的化石能源,以牺牲环境为代价而换来快速发展。

3.2 建议

根据本文的研究结论,提出如下建议:

(1) 深入产业结构优化升级。①产业结构优化升级,并非单单注重第三产业的发展,若没有工业作为基础,第三产业快速发展必然会造成过度投资与重复建设等问题,由此阻碍经济的进一步发展。因此,要充分发挥产业结构升级对碳排放的抑制作用,在鼓励第三产业发展的同时,也须重视将第二产业从低端制造向高技术产业转型升级;②各级政府应积极主动地制定有利于产业转型的相关政策,加大对高能耗、高污染产业的治理力度,并投入部分财政资金资助落后产业进行产业升级。

(2) 进一步增加R&D投入水平,并形成有效的R&D投入激励机制。在进一步提高R&D投

入水平时,应更加注重合理安排R&D投入结构,适当提高基础研究和应用研究经费的比重,实现R&D投入的多元化、立体化和动态化,并有效提高R&D投入效率。还应逐步建立低碳科技扶持机制,对进行低碳技术研发的企业,应在税收方面实施一定的优惠措施,减少企业研发成本,从而鼓励企业提高R&D投入水平。

(3) 逐步提高环保意识和转变能源消费结构。发挥舆论媒体的宣传导向作用,通过电视、广播等途径向大众传播人类对环境的依存性观念,减少对高碳产品的需求量,并逐步使人们将参与环保活动作为一种自觉行为。由于我国是一个多煤、缺油、少气国家,因此较大的煤炭使用量造成了碳排放量增加。所以从长远来看,必须调整和优化能源消费结构,实现能源消费多元化,以减少碳排放增加的压力。

参 考 文 献

- [1] 袁富华. 低碳经济约束下的中国潜在经济增长 [J]. 经济研究, 2010, (8): 79~89.
- [2] 李科. 中国产业结构与碳排放量关系的实证检验——基于动态面板平滑转换模型的分析 [J]. 数理统计与管理, 2014, 33 (3): 381~393.
- [3] 周杰琦, 韩颖, 张莹. 自主研发、产业结构变迁与中国碳排放绩效 [J]. 科技进步与对策, 2016, (4): 61~69.
- [4] Liu L C, Fan Y, Wu G. Using LMDI Method to Analyze the Change of China's Industrial CO₂ Emissions from Final Fuel Use: An Empirical Analysis [J]. Energy Policy, 2007, 35 (11): 5892~5900.
- [5] 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.
- [6] 张兵兵, 徐康宁, 陈庭强. 技术进步对二氧化碳排放强度的影响研究 [J]. 资源科学, 2014, 36 (3): 567~576.
- [7] 张雷, 李艳梅, 黄园渐. 中国结构节能减排的潜力分析 [J]. 中国软科学, 2011, (2): 42~51.
- [8] 朱永彬, 刘昌新, 王铮. 我国产业结构演变趋势及其减排潜力分析 [J]. 中国软科学, 2013, (2): 35~42.
- [9] 王文举, 向其凤. 中国产业结构调整及其节能减排潜力评估 [J]. 中国工业经济, 2014, (1): 44~56.
- [10] 顾阿伦, 何崇恺, 吕志强. 基于LMDI方法分析中国产业结构变动对碳排放的影响 [J]. 资源科学, 2016, 38 (10): 1861~1870.
- [11] 赵欣, 龙如银. 江苏省碳排放现状及因素分解实证分析

- [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20 (7): 25~30.
- [12] Schipper L. Carbon Emissions from Manufacturing Energy Use in 13 IEA Countries [J]. Energy Policy, 2001, (9): 667~688.
- [13] Casler S D, Rose A. Carbon Dioxide Emissions in the U. S. Economy: A Structural Decomposition Analysis [J]. Environmental & Resource Economics, 1998, 11 (3-4): 349~363.
- [14] 何小钢, 张耀辉. 技术进步、节能减排与发展方式转型——基于中国工业36个行业的实证考察 [J]. 数量经济技术经济研究, 2012, (3): 19~33.
- [15] Gerlagh R. Measuring the Value of Induced Technological Change [J]. Energy Policy, 2007, 35 (11): 5287~5297.
- [16] Grübler A, Messner S. Technological Change and the Timing of Mitigation Measures [J]. Energy Economics, 1998, 20 (5-6): 495~512.
- [17] 王智新, 梁翠, 赵景峰. 科技投入绩效、制度环境与碳排放强度 [J]. 科学管理研究, 2012, 30 (6): 109~112.
- [18] 姚成胜, 钱双双, 李政通. 黑龙江省农业碳排放、科技投入与经济增长关系研究 [J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38 (8): 8~15.
- [19] 饶萍, 吴青. 融资结构、研发投入对产业结构升级的影响——基于社会融资规模视角 [J]. 管理现代化, 2017, 37 (6): 24~27.
- [20] 王新红, 甄程. 陕西 R&D 投入与产业结构优化分析 [J]. 商业研究, 2012, (6): 25~30.
- [21] 唐清泉, 李海威. 我国产业结构转型升级的内在机制研究——基于广东 R&D 投入与产业结构的实证分析 [J]. 中山大学学报 (社会科学版), 2011, 51 (5): 191~199.
- [22] 李政, 杨思莹. 创新投入、产业结构与经济增长 [J]. 求是学刊, 2015, (4): 61~67.
- [23] 王海涛, 谭宗颖. 科研投入与产业结构的影响关系研究——以中国和美国为例 [J]. 科技管理研究, 2014, (24): 33~36.
- [24] Iorweth A. A. Canada's Low Business R&D Intensity: the Role of Industry Composition [R]. Canada: Working Papers: Department of Finance, 2005.
- [25] Cohen W M, Levinthal D A. Innovation and Learning: The Two Faces of R&D [J]. Economic Journal, 1989, 99 (397): 569~596.
- [26] 郭炳南, 林基. 基于非期望产出 SBM 模型的长三角地区碳排放效率评价研究 [J]. 工业技术经济, 2017, 36 (1): 108~115.
- [27] 徐敏, 姜勇. 中国产业结构升级能缩小城乡消费差距吗? [J]. 数量经济技术经济研究, 2015, (3): 3~21.
- [28] Bhatia K B. Capital Gains and the Aggregate Consumption Function [J]. The American Economic Review, 1972, 62 (5): 866~879.
- [29] Peng R, Wheaton W C. Effects of Restrictive Land Supply on Housing in HongKong and Econometric Analysis [J]. 1994, 30 (1): 149~160.

A Study on the Relationship Among R&D Input , Upgrading Industrial Structure and Carbon Emission

Wang Zhao Wang Lianghu

(College of Economics and Management , Southwest University , Chongqing 400715 , China)

(Abstract) Based on the panel data of 30 provinces in China from 2004 to 2018 , a simultaneous equation model of panel data on the relationship among R&D input , upgrading industrial structure and carbon emission is constructed. The relationship among R&D input , upgrading industrial structure and carbon emission is explored from the national level and different regional levels. The results show that: (1) the upgrading industrial structure has effectively restrained carbon emission at the national level and in the eastern region , while the central and western regions have increased carbon emission; (2) regardless of the regression analysis at the national level or in the regression results of different regions , it is concluded that R&D investment has increased , although increasing carbon emission , it has significantly promoted the upgrading industrial structure; (3) the upgrading industrial structure and the increase of carbon emission form a forced mechanism for the improvement of R&D input.

(Key words) R&D input; upgrading industrial structure; carbon emissions; panel simultaneous equation model; energy consumption structure; reversed transmission mechanism

(责任编辑: 史琳)