

区域企业异质性特征、节能减排与碳排放强度

——基于中国省市工业企业面板数据的研究

李虹,刘凌云,王瑞珂

(天津理工大学 管理学院,天津 300384)

[摘要]选取中国各省市 2007—2010 年面板数据对工业企业异质性特征与地区碳排放强度关系进行实证研究,结果显示,工业企业的规模和技术水平对碳排放强度具有显著的抑制作用,从业人员规模对碳排放强度具有正向作用,而企业效益与碳排放强度关系不显著。进一步研究后发现,企业规模和技术水平通过降低能源排放强度、产生减排效果来降低碳排放强度;单位工业企业从业人员的减少可以降低能源消耗强度和能源排放强度,通过节能与减排双重方式降低碳排放强度;工业企业效益提高了单位资产期望经济产出,没有很好地抑制非期望碳排放产出,无法降低碳排放强度。

[关键词]企业异质性特征;碳排放强度;节能减排;规模以上工业企业;区域发展;环境经济学;低碳发展;可持续发展;生产方式转变;能源强度

[中图分类号]F403.3 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1672-8750(2016)04-0043-09

2015 年中国在 APEC 会议上做出在 2030 年前后实现碳排放峰值、保证使碳排放总量出现下降发展趋势的承诺,10 月党中央提出的“绿色发展”将中国经济增长引向绿色新常态。在经济增长过程中减少碳排放、降低经济增长的碳排放强度也成为当前经济发展的新常态。

目前工业部门占中国碳排放总量的 70%,推动中国工业化的绿色发展是实现碳排放峰值承诺的最重要因素。工业企业是工业化进程中的基本单位,是工业生产的直接承担者,也是碳排放的重要来源^[1]。技术运用于企业才能实现生产方式的转变,提高能源低碳使用效率;产业结构调整 and 能源消费结构等的转变同样需要沉淀于企业,通过企业改变经营方式和能源利用结构等来实现,从而推动碳排放峰值承诺的实现。区域间企业发展状况存在异质性,表现在企业规模、技术进步和生产率等方面。异质性企业通过技术进步与资源重置等效应使区域间生产率产生重大差异^[2],进而造成区域间碳排放强度的差异。因此,研究区域间工业企业规模和技术水平等异质性特征对碳排放强度的影响,对降低碳排放强度并实现碳排放峰值具有重要参考价值。

一、文献回顾

工业企业在碳排放中发挥着不可忽视的作用,但目前对碳排放强度影响因素的研究基本集中于产业结构、能源强度、技术进步和城镇化水平等宏观经济变量方面^[3-4],鲜有文献研究微观层面企业

[收稿日期]2016-04-12

[基金项目]国家社会科学基金项目(12BGL128)

[作者简介]李虹(1959—),女,天津人,天津理工大学管理学院教授,硕士生导师,主要研究方向为低碳经济、环境会计;刘凌云(1992—),男,河北邯郸人,天津理工大学管理学院硕士生,主要研究方向为环境会计;王瑞珂(1993—),女,河南鹤壁人,天津理工大学管理学院硕士生,主要研究方向为环境会计。

异质性特征对碳排放强度的影响。国内外学者基于国家和省市层面对碳排放强度的影响因素进行探究后发现,能源强度是减少二氧化碳的最主要的因素,能源价格的变动对能源消耗量产生影响,进而影响二氧化碳的排放强度^[5-6]。经济结构对碳排放强度具有显著作用,不同工业化时期的产业结构对碳排放强度的影响作用不同。中国目前处于经济转型期,工业比重的增加会加大碳排放强度^[7]。李宏彪等人对第二产业中的制造业进行深入研究发现,不同产业集聚对碳排放强度影响不同,加快高新技术产业集聚、优化产业结构可以有效降低碳排放强度,而高能耗产业的集聚会增加碳排放强度^[8]。刘广为等认为第三产业由于在发展过程中消耗的能源量较小,对碳排放强度可以发挥抑制作用^[9]。除了经济结构的影响,碳排放强度还与经济发展水平相联系。人均工业产值的增加会加大碳排放强度,但经济效率的提高会节约能源使用量并增加经济产出,降低碳排放强度。虞义华等认为,人均收入与碳排放强度在一定条件下呈N型发展^[10]。比如,随着车辆燃油税的征收,人均实际收入的下降会对个人交通工具购买行为造成影响,对碳排放强度的下降发挥积极作用^[11]。但有学者利用Granger因果检验方法得出不同结论,认为收入与碳排放之间不存在Granger因果关系^[12]。宏观技术进步对二氧化碳排放强度具有重要影响,但其作用存在时间和空间上的差异^[13]。技术进步对碳排放强度的抑制作用在时间序列上表现不稳定,并且较高的能源禀赋会促进碳排放强度的增加,能源充足的地区容易依赖能源条件,产生较高的碳排放^[14]。有研究表明,城镇化率对碳排放强度也具有重要影响,城镇化发展到一定水平会促进生产方式和消费方式的转变,提高能源利用技术,实现对碳排放的抑制作用^[15]。

有学者研究了企业效益的影响,如刘晓玲和熊曦对ABS公司的效益和其碳排放进行了分析^[1],但分析的因素仅局限于企业效益单一因素,并且仅关注微观企业效益与微观企业碳排放,不适用于宏观经济碳排放的研究。因此,鉴于上述分析以及工业企业作为碳排放关键来源的重要地位,本文拟对工业企业异质性特征与地区碳排放强度的关系进行研究,并引入节能和减排因素来探讨地区工业企业异质性对碳排放强度影响的中介机制。本文拟将区域间企业异质性特征与宏观层面的碳排放强度联系起来,这可能有助于政府深入了解宏观经济碳排放的直接驱动力量,并更有效、更精准地制定低碳发展政策和规划,这对实现绿色低碳经济发展具有重要的现实意义和理论参考价值。

二、理论分析

新新贸易理论强调企业自身要素禀赋的异质性使得企业的生产率不同,企业生产率的差异最终影响国际贸易方式的选择。企业异质性特征主要表现在企业规模、人力资本、技术选择、资本密集度、组织方式、年份等方面的差异,最终表现为生产率的差异。生产率实际上是企业全部生产要素的投入与产出的比值。影响企业生产率的因素主要存在于企业的技术进步、规模扩大等方面:技术的进步会在一定程度上提高企业的正向产出效益,减少非期望性的负产品的产生;规模的扩大可以有效发挥规模效应,间接提升投入要素的使用效率,从而降低非期望性的废弃物质的产生。从本质上来看,企业规模、技术水平等异质性特征是影响企业生产率的关键因素。根据环境经济学中的物质平衡理论,假定经济主体的生产活动遵循物质流动均衡定律,即企业产出取决于投入量,而产出结构中非期望性产出与期望性产出的比值取决于生产率,将碳排放作为经济主体的非期望性产出,则碳排放强度的大小很大程度上代表经济主体的非期望产出的生产率。因此,企业规模、技术水平等异质性特征对企业的碳排放强度(非期望产出的生产率)具有重要影响。

从新经济地理理论角度来看,地区生产率的差异还受异质性企业空间选择的影响。梁琦等发现,异质性企业的空间选择是造成中国区域生产率差异的一个重要微观机制。异质性企业通过技术进步与资源重置等效应使区域间生产率产生重大差异,碳排放是企业生产过程中的非期望性产出,碳排放生产率的大小必然也会受到异质性企业在空间选择上的影响,如技术水平高的企业对某区域的选择会使得该区域的技术水平提高,从而影响该区域的碳排放生产率,即影响碳排放强度;规模较大的企业对某区

域的选择会使该区域的经济产生规模效应,进而影响该地区的碳排放效率和碳排放强度;效益好的企业对某区域的选择可能促使区域整体企业效益的提升,从而对碳排放强度发挥一定的抑制作用。综合分析,不同异质性特征的企业对不同空间的选择使区域整体企业异质性特征表现出区域差异,进而表现为区域生产率的差异。因此,技术水平、规模等企业异质性特征对区域的碳排放强度具有重大作用。

基于上述分析,企业规模、技术水平、企业效益等异质性特征会对企业的生产率产生影响,异质性企业在空间上的选择会造成地区生产率的差异;企业异质性特征会对地区的生产率产生影响。同时,碳排放是一种非期望产出,碳排放产出的生产效率可以用碳排放强度来表示。因此,区域企业规模、技术水平、企业效益等异质性特征会对区域的碳排放强度产生重要作用。

三、研究设计与数据来源

(一) 指标设计与模型构建

1. 企业特征与碳排放强度指标设计

碳排放强度可以有效衡量经济增长的低碳状况,碳排放强度既考虑到经济增长需求,又兼顾碳排放影响,实现了经济与环境的统一。因此,本文以地区单位 GDP 所产生的碳排放量为碳排放强度指标,具体公式如下:

$$Y_{i,t} = C_{i,t}/GDP_{i,t} \quad (1)$$

式(1)中 $E_{i,t}$ 为 i 地区 t 期的碳排放强度; $C_{i,t}$ 为 i 地区 t 期的碳排放量; $GDP_{i,t}$ 为 i 地区 t 期的实际生产总值(为了避免宏观经济通货膨胀等因素造成的影响,我们对名义 GDP 进行不变价处理)。其中 $C_{i,t}$ 借鉴蒋金荷的碳排放测算方法^[16],具体见式(2)所示:

$$C_{i,t} = \sum_{j=1}^n E_{i,t,j} \times f_j \times c_j \quad (2)$$

式(2)中 $E_{i,t,j}$ 为 i 地区 t 期的消耗的 j 种能源数量; f_j 为 j 中能源的标准煤折算系数; c_j 为 j 种能源的碳排放系数。折算系数和碳排放系数具体见表 1 所示。

表 1 标煤折算和碳排放系数

能源类别	原煤	焦炭	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	天然气	电力
折算标准煤系数	0.7143 Kgce/kg	0.9714 Kgce/kg	1.4286 Kgce/kg	1.4714 Kgce/kg	1.4714 Kgce/kg	1.4571 Kgce/kg	1.4286 Kgce/kg	1.3300 Kgce/m ³	0.1229 Kgce/kwh
碳排放系数	0.7559 kgc/kgce	0.855 kgc/kgce	0.5857 kgc/kgce	0.5538 kgc/kgce	0.5714 kgc/kgce	0.5921 kgc/kgce	0.6185 kgc/kgce	0.4483 kgc/kgce	2.2132 kgc/kgce

为了检验工业企业异质性特征对碳排放强度影响的宏观中介因素,本文将碳排放强度指标分解为能源消耗强度 $e_{1,i,t}$ 和能源排放强度 $e_{2,i,t}$ 两个指标。能源消耗强度越大,表明单位经济产生使用的能源越多,节能效果不善;能源排放强度越大,表明单位能源产生的碳排放量越多,减排效果不佳。具体见式(3)和式(4):

$$e_{1,i,t} = E_{i,t}/GDP_{i,t} \quad (3)$$

$$e_{2,i,t} = C_{i,t}/E_{i,t} \quad (4)$$

Holdren 等最先提出 IPAT 模型,用于解释环境所面临的压力, I 为环境压力, PAT 分别是人口、财富和技术的影响^[17],但由于 IPAT 模型只可以进行单调同比例变动,其应用存在局限性。Dietz 等改进了 IPAT 模型并建立可适用于随机变量的 STIRPAT 模型,弥补了 IPAT 模型的缺陷^[18],模型如下:

$$I = aP^b A^c T^d e \quad (5)$$

其中 a, e 分别为模型的系数项和随机误差项, b, c, d 分别为 P、A、T 的指数项,对模型取对数可以

有效克服数据计量的异方差。本文根据工业企业异质性特征以及碳排放影响因素的特殊性对 STIRPAT 模型进行了相应的改进与拓展。本文的研究限于地区规模以上工业企业层面。

(1) 企业从业人员规模是影响工业企业碳排放的关键因素之一。我们以工业企业的从业人口规模 P 来表示人口因素,工业企业从业人员规模从侧面表明了工业企业的产出规模和能源消耗量,单位企业从业人员越多,表明企业的生产规模可能越大,能源需求可能会增加,从而增加碳排放量;同时,单位企业存在过多的从业人员也可能会对生产率产生负面影响,增加碳排放量。因此,从业人员规模可能会对碳排放强度起到正向作用。

(2) 富裕程度对应于企业的规模,一般而言,一个区域的企业规模越大,则资金越充裕,生产率也就越高。大型企业由于具备资金和技术等优势,其生产率一般要高于中小企业。大型企业会利用资金优势加大对研发的投入,在增加工业产值的同时还可以利用技术优势减少碳排放,而且大型工业企业可能存在规模效应,在一定的经济产值下消耗的能源总量要低于小规模企业,因而企业规模有助于降低碳排放强度。

(3) 生产技术的降低碳排放强度的重要因素。企业的研发技术、创新水平在一定程度上可以提高能源利用效率,减少能源消耗量,同时还有助于清洁生产,降低能源使用的碳排放量,从而有效降低碳排放强度。

(4) 除改进的 STIRPAT 模型中的三个影响因素外,根据工业企业特征,我们引入工业企业效益研究其对碳排放强度的影响。有研究表明,工业企业效益和能源消费之间存在显著的关联关系^[19],企业效益的增长往往会带动能源消耗的增加,同时也会伴随着碳排放的增长,但较好的企业效益也表明企业的经营效率较高,这也会对碳排放强度具有一定的抑制作用。因此,我们将企业效益也作为企业异质性特征之一。

基于以上分析,本文选取工业企业的规模、效益、技术水平和从业人员规模四个异质性指标,指标设计具体如表 2 所示。

2. 模型构建

为了检验四个异质性特征与碳排放强度之间的关系,本文建立回归模型(6):

$$Y_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Size + \alpha_2 Ben + \alpha_3 Tech + \alpha_4 Emp + \varepsilon \quad (6)$$

为了检验异质性特征对碳排放强度作用的中介因素,深入研究异质性特征对碳

排放强度的影响是节能效应还是减排效应,本文建立了回归模型(7)。为避免回归分析中可能存在的共线性问题,我们对节能效应和减排效应分别进行回归分析:当 k 等于 1 时,检验工业企业异质性特征的节能效应;当 k 等于 2 时,检验工业企业异质性特征的减排效应。

$$Y_{i,t} = \beta_{0,k} + \beta_{1,k} Size \times e_k + \beta_{2,k} Ben \times e_k + \beta_{3,k} Tech \times e_k + \beta_{4,k} Emp \times e_k + \varepsilon \quad k = 1, 2 \quad (7)$$

(二) 数据收集与整理

由于规模以上工业企业的统计口径在一定时期存在变动:2006 年以前统计口径为全部国有工业企业及主营收入超过 500 万的非国有工业企业,2007 年改为主营收入超过 500 万的所有工业企业,2011 年则变更为主营收入超过 2000 万的工业企业。统计口径的变动使不同时期的规模以上工业企业数据可比性较差,同时 2012—2013 年工业企业异质性特征数据大量缺失,因此,本文基于数据的可比性、可获取性和适用性,运用全国各省市 2007—2010 年规模以上工业企业的短面板数据进行实证研究。本文所用数据主要来源于《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国工业经济统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》。由于《中国能源统计年鉴》没有统计西藏自治区的数据,故剔除缺失的西藏

表 2 工业企业特征指标

指标名称	释义
<i>Size</i>	企业规模,以规模以上工业企业平均总资产的自然对数表示
<i>Ben</i>	企业效益,以规模以上工业企业总资产贡献率表示
<i>Tech</i>	技术进步,以大中型工业企业平均新产品销售额自然对数表示
<i>Emp</i>	从业人员规模,以规模以上工业企业平均从业人员数量自然对数表示

自治区样本后本文最终得到 120 个样本观测值。

面板数据可以控制个体的差异性,而且由于包含的信息量较多,可以有效降低模型变量之间的共线性,并有助于对动态调整进行分析。本文所用的短面板数据时间序列较短,单位根检验和协整检验无法达到有效验证,故短面板数据一般无须进行单位根和协整检验,但面板模型的设定准确性将影响到估计结果与实际结果的偏差大小,所以在进行实证分析前,需要对个体和时间特征进行控制,选取合适的面板模型。

四、实证分析与结果

(一) 面板模型选择和相关检验

在模型回归之前,我们需要运用 stata10.0 统计软件进行 LM 检验、F 检验和 Hausman 检验,对面板数据所应选取的适用模型进行判断。LM 检验用于检验个体效应,若拒绝原假设则说明随机效应较优;F 检验的原假设为各截面具有相同截距,拒绝原假设则表明每个个体存在不同截距,即固定效应较优;Hausman 检验的原假设是随机效应,拒绝原假设则表明固定效应较优。表 3 显示三个面板的三个模型检验结果基本一致,LM 检验、F 检验和 Hausman 检验均在 1% 水平上拒绝各自的原假设,选择备择假设,综合三个检验分析结果,我们认为固定效应最适合本文三个短面板数据模型。

表 3 面板模型选取检验结果

检验方法	模型(6)		模型(7)k=1(节能)		模型(7)k=2(减排)	
	统计量	模型选择	统计量	模型选择	统计量	模型选择
LM 检验	117.94***	随机效应优于混合回归	126.03***	随机效应优于混合回归	123.52***	随机效应优于混合回归
F 检验	197.07***	固定效应优于混合回归	82.21***	固定效应优于混合回归	145.80***	固定效应优于混合回归
Hausman 检验	36.05***	固定效应优于随机效应	52.46***	固定效应优于随机效应	37.72***	固定效应优于随机效应

注:***表示在 1% 水平上显著。

由于本文面板数据时间跨度较短,可以忽略组内相关问题,因此我们对本文三个固定效应模型进行了组间截面相关检验。本文选取 Friedman、Frees 以及 Pesaran 三个适用短面板的检验方法进行组间自相关检验,具体截面相关检验结果如表 4 所示。从表 4 可知,三个固定效应模型的组间截面相关检验结果一致;Pesaran 和 Frees 两个检验基本都在 1% 水平上否定“无截面相关”的原假设,表明存在组间截面自相关问题,但是 Friedman 检验支持“无截面相关”的原假设,即不存在截面相关。综合分析可知,三个短面板固定效应可能存在组间截面相关现象,因此在进行下文固定效应模型回归时我们使用了聚类稳健性的标准差。

表 4 截面相关检验结果

检验方法	模型(6)		模型(7)k=1		模型(7)k=2	
	统计量	检验结果	统计量	检验结果	统计量	检验结果
Pesaran 检验	6.805***	存在组间截面自相关	11.085***	存在组间截面自相关	9.351***	存在组间截面自相关
Friedman 检验	12.280	不存在组间截面自相关	23.480	不存在组间截面自相关	21.320	不存在组间截面自相关
Frees 检验	1.382**	存在组间截面自相关	3.870***	存在组间截面自相关	2.287***	存在组间截面自相关

注:***、**分别表示在 1%、5% 水平上显著。

(二) 实证结果分析

1. 核密度和变量统计分析

图 1 中从上至下(每行)依次为碳排放强度、能源消耗强度(节能)、能源排放强度(减排)的核密度分布情况;从左至右(每列)依次是以企业规模、企业效益、技术水平和从业人员规模四个变量中位数进行分组的核密度分析。

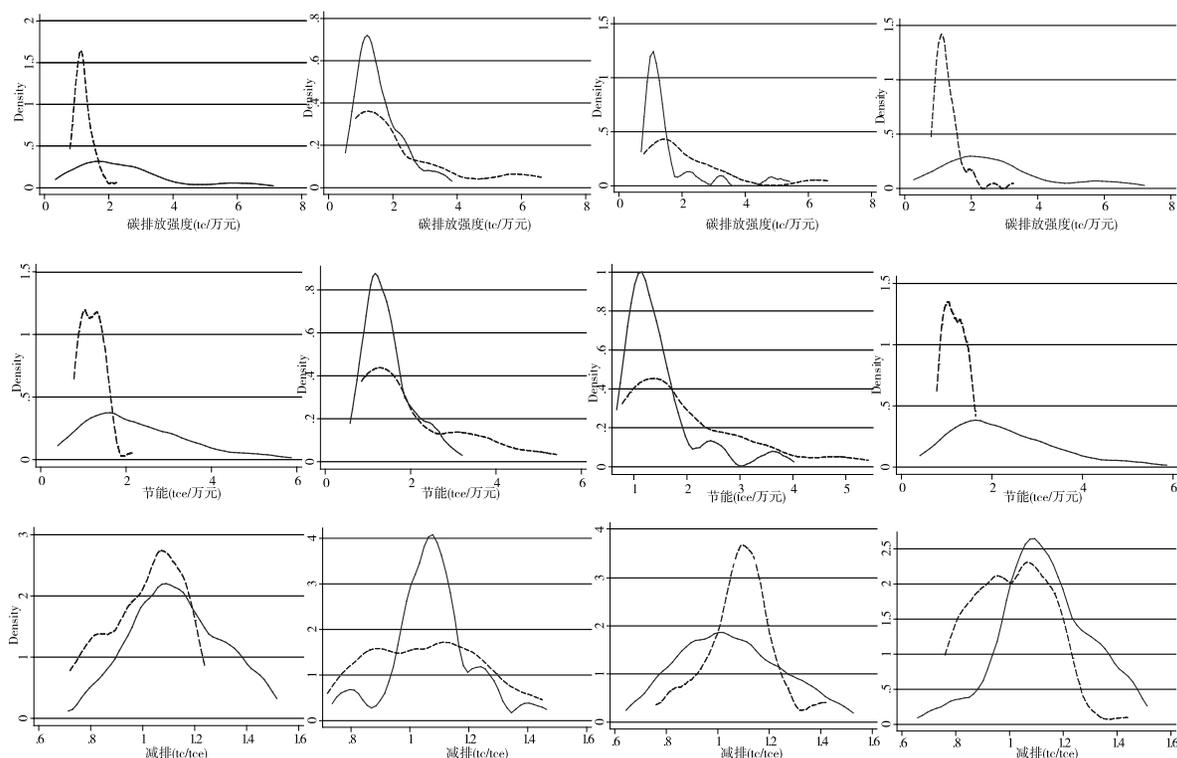


图1 碳排放强度、能源消耗强度和能源排放强度核密度统计

注:实线为数值较大组,虚线为数值较小组,如企业规模组的实线为规模较大组的概率密度,虚线为规模较小组的概率密度。

从图1中第一行对于碳排放强度的概率密度统计情况可以看出,企业规模较小的地区碳排放强度大多数小于2,且在小于2的范围内企业规模较小的地区的碳排放强度出现的概率明显高于企业规模较大的地区,由此可知,企业规模越小的地区碳排放强度越大。而企业效益较高组和技术水平较高组的碳排放强度大多数低于2,且出现的概率明显高于企业效益较低组和技术水平较低组,表明企业效益越好、技术水平越高的地区碳排放强度越低。从业人员规模与企业规模的碳排放强度分布情况相似,单位工业企业从业人员较少的地区碳排放强度大多小于2,且出现的概率大于企业从业人员较多的地区,表明单位工业企业从业人员越多,地区碳排放强度越大。

由图1第二行能源消耗强度的概率密度分布情况可以看出,企业规模和从业人员规模的能源消耗强度概率密度分布情况基本一致,企业规模和从业人员规模较小的地区碳排放强度基本都小于2,且出现的概率大于企业规模和从业人员规模较大的地区,初步表明企业规模、从业人员规模与能源消耗强度之间存在正向关系。企业效益和技术水平较高的地区碳排放强度大多分布在小于2的模块,且出现的概率明显较大,初步表明企业效益和技术水平均与能源消耗强度存在负向关系。

由图1第三行的能源排放强度的概率密度分布情况可知,企业规模较小和从业人员规模较小的能源排放强度大多分布在低于1.2的部分,其出现的概率较大,初步表明企业规模和从业人员规模与能源排放强度之间都存在正向关系。而技术水平较高的能源排放强度多分布在小于1的部分且出现概率较大,初步表明技术水平与能源排放强度负相关,企业效益的高低对能源排放强度的影响不显著。

综合上述分析可知,企业规模和从业人员规模都对碳排放强度具有正向作用,企业规模和从业人员规模变小,能源消耗强度和能源排放强度随之降低,从而降低碳排放强度;企业效益和技术水平对碳排放强度具有负向作用,且企业效益的提高可以降低能源消耗强度,技术水平的提高可以降低能源

消耗强度和能源排放强度,从而降低碳排放强度。但由于只是初步描述性统计且没有考虑时间序列差异,因此结果有待于进一步检验。

由表5各主要变量均值空间区域分布差异统计情况可知,东部地区可能由于经济开放程度较高,存在数量较多的小规模企业,因而企业规模均值较小;而西部地区由于经济较为落后,多为大型国有企业,因而企业规模均值较大。东部地区技术水平最高,均值为0.191;而西部地区和中部地区技术水平都较低,均值分别为0.125和0.117。东部地区单位企业从业人员规模均值为0.021,为各地区从业人员规模最小值;而西部地区单位企业从业人员规模为0.028,为各地区最高值。

表5 主要变量区域分布均值统计分析

变量	Size	Ben	Tech	EMP	Y	e1	e2
东部	1.401	0.136	0.191	0.021	1.164	1.081	1.077
中部	1.403	0.161	0.117	0.026	1.908	1.667	1.070
西部	2.330	0.134	0.125	0.028	2.640	2.413	1.057
东北部	1.543	0.166	0.171	0.026	1.544	1.423	1.082

与上述数据对应,东部地区碳排放强度和能源消耗强度分别为1.164和1.081,均为各地区中最小值,而西部碳排放强度和能源消耗强度分别为2.640和2.413,均为各地区中最大值。东部地区能源排放强度为1.077,为各地区中强度较大者;而西部地区能源排放强度为1.057,为各地区中强度最小者。

2. 回归结果分析

为了避免可能存在的异方差和截面相关的影响,我们进行了聚类稳健性实证回归分析,具体结果见表6所示。表6显示:(1)企业规模对地区碳排放强度具有抑制作用,且在1%水平上显著,这可能是企业规模产生的规模效应使得在碳排放量一定的情况下产出的GDP较多,也可能由于企业规模较大的地区一般投入的技术研发资金等较多,可以通过有效的研发推动能源利用技术的提高,从而有效降低碳排放强度。(2)企业效益与碳排放强度负相关,但回归系数不显著,即企业效益的提高对碳排放强度的抑制作用不明显,表明企业单位资产的GDP产出虽然较高,但是在有效提高GDP的同时没有对碳排放量的产出进行有效控制,导致碳排放量与GDP产出呈现较为同步的增长,因此企业效益无法对地区碳排放强度产生影响。(3)技术水平与碳排放强度在5%水平上显著负相关,表明企业技术水平的提高显著降低了碳排放强度,也表明企业在推动GDP增长过程中可以有效降低碳排放量,从而达到降低碳排放强度的作用。(4)企业从业人员规模与碳排放强度在1%水平上显著正相关,表明单位工业企业从业人员越多,越不利于降低地区碳排放强度,这是由于GDP的产出可能过多依赖于劳动力,工业化和信息化的经济产出不足,因而从业人员规模对碳排放强度具有正向作用。

表6 异质性特征与碳排放强度回归结果

变量名称	Size	Ben	Tech	Emp	_Cons	F值	R-sq
相关系数	-0.2633*** (-3.12)	-0.3909 (-0.56)	-0.6165** (-2.54)	8.5328*** (-3.11)	2.2877*** (-16.15)	8.17***	0.4240

注:***、**分别表明回归系数在1%、5%水平上显著;括号内为检验t值。

碳排放强度可以分解为能源消耗强度(节能)和能源排放强度(减排)两个指标,为了研究工业企业特征对碳排放强度的作用中介机制,本文将工业企业特征指标分别与节能和减排指标交叉相乘,并分别进行实证分析,以避免可能存在的共线性问题,具体回归结果见表7。由表7可以发现,只有从业人员规模与节能的交叉乘项变量在5%水平上与碳排放强度显著正相关,表明单位工业企业从业人员过多不利于信息化生产和能源利用的技术性节约,使得经济增长伴随着大量的能源消耗,因此,从业人员规模越大,碳排放强度越大。在工业企业特征与减排指标交叉相乘变量中,只有企业效益与减排指标交叉相乘变量的回归结果不显著,企业规模、技术水平与减排指标的交叉相乘变量分别在5%和10%水平上显著负相关,从业人员规模与减排指标交叉相乘变量在5%水平上显著正相关。这表明企业规模的扩大和技术水平的提高可以有效推动清洁低碳能源的开发以及提升能源清洁燃烧效

率,实现能源使用的低碳化,从而降低碳排放强度;而从业人员规模的增加不利于实现企业的集约化生产和低碳技术研发的投入,在工业生产过程中无法促进能源的低碳化利用,不利于实现减排效果,从而加大了碳排放强度。

表7 异质性特征、节能减排与碳排放强度回归结果

变量名称	<i>Size</i> × <i>e1</i>	<i>Ben</i> × <i>e1</i>	<i>Tech</i> × <i>e1</i>	<i>Emp</i> × <i>e1</i>	<i>_Cons</i>	F 值	R-sq
节能模型	-0.0665 (-1.17)	0.3247 (0.52)	-0.2776 (-1.38)	7.1102 ** (2.28)	1.7752 *** (6.33)	3.50 **	0.4051
变量名称	<i>Size</i> × <i>e2</i>	<i>Ben</i> × <i>e2</i>	<i>Tech</i> × <i>e2</i>	<i>Emp</i> × <i>e2</i>	<i>_Cons</i>	F 值	R-sq
减排模型	-0.1738 ** (-2.44)	0.5800 (0.77)	-0.8560 * (-1.79)	11.6103 ** (2.10)	1.8918 *** (10.49)	3.50 ***	0.3621

注:***、**、*分别表明回归系数在1%、5%、10%水平上显著;括号内为检验t值。

五、结论与启示

鉴于工业化以及工业企业在中国碳排放峰值实现中的重要地位,本文以中国2007—2010年30个省市面板数据进行了实证分析,结果显示:工业企业规模、技术水平都与碳排放强度呈负相关关系,从业人员规模与碳排放强度呈正相关关系,而企业效益与碳排放关系不显著。这表明企业规模和技术进步可以在提高经济期望产出的同时减少碳排放量,降低碳排放强度;单位工业企业从业人员的减少可以有效推动工业企业的规模化和信息化生产率,从而促进碳排放强度的降低;企业效益可以提升单位资产的期望性经济产出,但无法降低非期望性碳排放产出。进一步研究后发现:企业规模的扩大可以充分发挥规模效应,在消耗一定能源的基础上大大减少能源产生的碳排放量,产生的减排效果可以降低碳排放强度;企业技术水平的提高可以提高能源的清洁利用效率并通过研发低碳新产品减少能源消耗产生的碳排放量,产生的减排效果可以抑制地区碳排放强度;而从业人员规模降低不仅可以促使企业进行产品的信息集约化生产,减少期望经济产出的能源消耗量,产生节约能源的效果,而且可以促使企业能源低碳利用效率,减少能源消费产生的碳排放量,产生能源减排效果。综合来说,企业规模的扩大和技术水平的提高可以通过减排来降低地区碳排放强度,而单位工业企业从业人员的减少可以推动能源节约和能源减排,通过节能和减排两种方式降低碳排放强度,企业效益对碳排放强度没有显著影响。

基于此,本文建议:(1)实现低碳经济的发展要注重工业企业对碳排放的直接驱动作用,优化地区工业企业发展结构,注重培育大中型工业企业,着重提高企业的技术研发水平,降低单位工业企业从业人员规模,提高工业化和信息化生产率。(2)由于企业规模和技术水平无法通过降低能源消耗强度来降低碳排放强度,因此要注重提升大中型工业企业的集约化生产率,提高企业能源消耗节约技术,弥补企业规模和技术节能的不足。

参考文献:

- [1] 刘晓玲,熊曦. 工业企业效益与碳排放的脱钩关系动态比较——基于ABS冶炼公司“十一五”以来的数据[J]. 财政研究,2015(3):16-21.
- [2] 刘乃全,李颖. 企业异质性与区域发展差异的关系机理研究综述[J]. 经济体制改革,2011(4):95-99.
- [3] NAG B, KULSHRESHTHA M. Carbon emission intensity of power consumption in India: a detailed study of its indicators [J]. Energy Sources, 2000, 22:157-166.
- [4] BUDZIANOWSKI W M. Negative carbon intensity of renewable energy technologies involving biomass or carbon dioxide as inputs[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2012, 16:6507-6521.
- [5] GREENING L A, DAVIS W B, Schipper L. Decomposition of aggregate carbon intensity for the manufacturing sector: com-

- parison of declining trends from 10 OECD countries for the period 1971—1991[J]. *Energy Economics*, 1998, 20:43—65.
- [6]魏庆琦,赵高正,肖伟. 资源环境税对交通运输碳排放强度调节效应的实证研究[J]. *软科学*,2013(6):33—38.
- [7]陈永国,褚尚军,聂锐. 我国产业结构与碳排放强度的演进关系——基于“开口P型曲线”的解释[J]. *河北经贸大学学报*,2013(2):54—59.
- [8]李宏彪,闫娅,丁宝根. 制造业集聚对碳排放的影响——基于中部地区相关面板数据的实证研究[J]. *江西社会科学*,2013(12):66—70.
- [9]刘广为,赵涛. 中国碳排放强度影响因素的动态效应分析[J]. *资源科学*,2012(11):2106—2114.
- [10]虞兴华,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.
- [11]RYAN L, FERREIRA S, CONVERY F. The impact of fiscal and other measures on new passenger car sales and CO₂, emissions intensity: evidence from Europe[J]. *Energy Economics*, 2009, 31:365—374.
- [12]SOYTAS U, SARI R, EWING B T. Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States[J]. *Ecological Economics*, 2007, 62:482—489.
- [13]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(3):567—576.
- [14]张翠菊,张宗益. 能源禀赋与技术进步对中国碳排放强度的空间效应[J]. *中国人口·资源与环境*,2015(9):37—43.
- [15]李飞越. 老龄化、城镇化与碳排放——基于1995—2012年中国省级动态面板的研究[J]. *人口与经济*,2015(4):9—18.
- [16]蒋金荷. 中国碳排放量测算及影响因素分析[J]. *资源科学*,2011(4):597—604.
- [17]HOLDREN J P, EHRLICH P R. Human population and the global environment[J]. *American Scientist*, 1974, 62:282—292.
- [18]DIETA T, ROSA E A. Effects of population and affluence on CO₂ emission[D]. *The National Academy of Sciences of the USA*,1997.
- [19]李季鹏,项秀栋. 新疆规模以上工业企业经济效益与能源消费关系研究[J]. *新疆财经*,2015(2):49—57.
- [责任编辑:黄燕,杨志辉]

Regional Enterprise Heterogeneous Characteristics, Energy Conservation & Emission Reduction and Carbon Emission Intensity: A Study Based on the Panel Data of Industrial Enterprises in China

LI Hong, LIU Lingyun, WANG Ruike

(School of Management, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

Abstract: This paper makes an empirical research on the relationship between industrial enterprise heterogeneous characteristics and regional carbon intensity, based on the selection of panel data of industrial enterprises in China from 2007 to 2010. Results show that the scale and technical level of industrial enterprises have a significantly inhibitory effect on the carbon emission intensity, and employees have a positive effect on the carbon emission intensity, but there is no significant relationship between the enterprise benefit and carbon emission intensity. Further study finds that as far as enterprise scale and technical level are concerned, carbon emissions intensity is reduced by means of reducing energy intensity; The reduction of industrial enterprises staff can reduce the energy consumption intensity and energy emission intensity, thus playing a double role of energy saving and emission reduction to reduce carbon emissions intensity; The efficiency of industrial enterprises improve the expected economic output of unit asset, which is not very effective to restrain the output of non-expected carbon emission, and cannot reduce the carbon emission intensity.

Key Words: enterprise heterogeneous characteristics; carbon emission intensity; energy conservation and emission reduction; industrial enterprises above designated size. regional development; environmental economics; low carbon development; sustainable development; transformation of production mode; energy intensity