

引用格式: 黄清子, 李冬冬, 李敏. 中国城市“碳诅咒”效应及其异质性[J]. 资源科学, 2023, 45(8): 1604-1618. [Huang Q Z, Li D D, Li M. The “carbon curse” effect and its heterogeneity in cities of China[J]. Resources Science, 2023, 45(8): 1604-1618.] DOI: 10.18402/resci.2023.08.09

中国城市“碳诅咒”效应及其异质性

黄清子¹, 李冬冬¹, 李敏²

(1. 西北工业大学公共政策与管理学院, 西安 710072;

2. 西安交通大学公共政策与管理学院, 西安 710049)

摘要:【目的】“碳诅咒”是指化石能源富集区域比化石能源贫瘠区域更倾向于采取碳密集发展方式的现象。本文将“碳诅咒”理论延伸至城市层面, 考察“碳诅咒”效应在中国的存在性与差异性。【方法】通过识别中国化石能源城市、划分其能源类型和开发阶段, 采用变系数固定效应模型, 选用2012—2017年的地级市面板数据, 检验“碳诅咒”效应在中国城市层面的存在性以及不同化石能源城市遭受“碳诅咒”的程度差异。【结果】中国化石能源城市比非化石能源城市更倾向于采取碳密集发展方式; 从城市能源类型来看, 油气型、煤炭油气型、煤炭型城市受“碳诅咒”的程度依次减弱; 从城市开发阶段来看, 成熟型、再生型、成长型、衰退型城市受“碳诅咒”的程度依次减弱; 从控制变量来看, 化石能源城市的人口密度和政府干预程度增加了碳排放强度, 环境规制和外商直接投资在降低碳排放强度方面效果不显著。【结论】在中国城市层面, 的确存在“碳诅咒”现象。这种现象由于城市能源类型与开发阶段的不同呈现出差异。

关键词:“碳诅咒”; 化石能源; 异质性; 地级市面板数据; 变系数固定效应模型; 中国

DOI: 10.18402/resci.2023.08.09

1 引言

力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和(下文简称“双碳”目标), 是党中央作出的重大战略决策。《完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》等文件明确了“双碳”目标实现的时间表与路线图, 提出了“因地制宜、分类施策”的工作原则。党的二十大报告进一步强调, “立足中国能源资源禀赋, 坚持先立后破, 有计划分步骤实施碳达峰行动”。明确各地在“双碳”背景下的特征和差异是履行“因地制宜、分类施策”的前提基础; 分析能源富集区碳排放的特征和差异是“有计划分步骤实施碳达峰行动”的重要内容。

碳排放与能源资源禀赋密切相关。2013年, Friedrichs等^[1]提出“碳诅咒”理论, 阐述并验证了“化石能源(煤炭、石油和天然气)富集的国家比化石能源贫瘠的国家更倾向于采取碳密集发展方式”的现象。之后Khan等^[2]、Chiroleu-Assouline等^[3]比较了国家间尤其是发达国家间的“碳诅咒”差异。国内“碳诅咒”的相关研究主要建立在省域层面^[4,5], 在城市层面的相关研究, 仅有对资源型城市资源依赖与碳排放关系的探讨, 但其资源范围远宽泛于化石能源^[6], 因此, 城市层面尚缺乏“碳诅咒”的实证检验。同时, 相关研究很少关注化石能源富集区域内的差异。而探索中国城市间“碳诅咒”的存在与差异, 有利于理论发展, 有助于决策者在“双碳”工作中靶向

收稿日期: 2023-01-02; 修订日期: 2023-03-21

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(22YJC630039); 国家自然科学基金青年基金项目(72201207); 陕西省社会科学基金项目(2022PZX07)。

作者简介: 黄清子, 女, 江苏南京人, 副教授, 研究方向为环境经济与政策。E-mail: mailhuangqingzi@163.com

通讯作者: 李冬冬, 男, 安徽马鞍山人, 助理教授, 研究方向为环境经济与政策。E-mail: lidd@nwpu.edu.cn

2023年8月

发力、精准施策。

由于“碳诅咒”和“资源诅咒”具有相似性(均关注资源富集对区域发展的影响),并且“资源诅咒”研究已进行了城市实证,虽尚未形成统一结论^[7,8],但大部分学者已认可有条件的“资源诅咒”现象^[9,10],因此,“碳诅咒”效应在城市层面的检验可参考“资源诅咒”的相关研究,关注其在不同条件下的差异,即不仅须关注城市是否为化石能源富集城市(简称化石能源城市),而且须关注不同化石能源城市资源禀赋、发展阶段的差异。“碳诅咒”效应通过不同区域间比较进行检验,因此,识别化石能源城市并对其进行分类是城市“碳诅咒”效应检验的关键。化石能源城市是资源型城市的子类,并涉及煤、油、气3种资源。曲建升等^[11]、张在旭等^[12]、曾贤刚等^[13]学者提出了识别煤炭城市、油气城市的方法,《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》(下文简称《资源型城市规划》)对资源型城市发展阶段进行了分类,以上均为化石能源城市的识别与划分提供了参考。

为了探究中国城市是否遭遇“碳诅咒”以及不同化石能源城市“碳诅咒”的程度差异,本文首先根据能源类型和开发阶段识别与划分中国化石能源城市;然后选择2012—2017年的面板数据,采用变系数固定效应模型,检验中国城市层面“碳诅咒”效应的存在性与差异性。

2 理论基础

2.1 理论表述

2.1.1 概念阐释

“碳诅咒”概念由Friedrichs等^[1]在2013年提出,最初用于化石能源富集国家与化石能源贫瘠国家间比较,随后被应用于区域间比较^[14]。该概念描述了化石能源富集程度与碳密集发展方式之间的联系。其中,化石能源富集程度通常以资源丰裕度或资源依赖度来表示^[15,16];碳密集发展方式是指产生更多碳排放的经济发展方式^[17],通常以碳排放强度来表示。因此,“碳诅咒”可被视为化石能源丰裕度或依赖度对碳排放强度的影响函数。

“碳诅咒”概念与“资源诅咒”和“环境库茨涅兹曲线”概念密切相关。“资源诅咒”探讨了自然资源

对经济增长的影响^[18,19],而“环境库茨涅兹曲线”关注经济增长和污染水平之间的相互作用^[20]。“碳诅咒”则探讨了自然资源和污染水平之间的关系,认为区域内化石能源越富集,其碳排放强度越高。

2.1.2 形成机理

Friedrichs等^[1]指出,“碳诅咒”的形成源于开采排放、挤出效应、能效提升意愿和化石能源补贴4个主要因素。

(1)开采排放。化石能源的开采与电力转化需要大量能源投入^[21]。大规模开采可能导致碳排放增加,而未收集的伴生气、甲烷等副产品在开采和矿后活动中可能进一步增加碳排放^[22],促进碳排放强度的升高。

(2)挤出效应。化石能源富集的区域会产生挤出其他行业与挤出其他能源两种效应。①可能挤出采矿业以外的其他行业^[23-25],行业挤出后地区薄弱的工业基础和低收入会抑制碳排放强度的上升。②可能挤出本地富集能源以外的其他能源,尤其是可再生能源。由于本地富集能源具有易获性且化石能源的碳足迹(生产消费等引起的温室气体排放集合)普遍较高,因此,该区域消费本地富集能源的倾向可能导致碳排放强度的增加^[14]。

(3)能效提升意愿。化石能源保有量高且稳定的区域享有能源供应安全,倾向于将廉价且丰富的化石能源视为自身最重要的比较优势,削弱了对能源效率和清洁排放的投资热情,从而增加了单位产值的能耗^[26],导致碳排放强度增加。

(4)化石能源补贴。由于能源系统转变的复杂性,全球依然存在着显性或隐性的化石能源生产与消费补贴^[27],不利于降低碳排放强度^[28,29]。

2.2 城市分类

“碳诅咒”理论关注的化石能源富集区域,是资源型地域的一种类型。为检验“碳诅咒”在中国城市层面的存在性与差异性,本文首先对中国地级市是否属于化石能源城市以及属于哪一类化石能源城市进行判断。

《资源型城市规划》指出,资源型城市是以本地区矿产、森林等自然资源开采、加工为主导产业的城市(包括地级市等地级行政区和县级市、县等县级行政区),包括成长型、成熟型、衰退型、再生型4

种类型。化石能源城市作为资源型城市的子类,本文将其界定为以本地区煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业为主导产业的地级市,并以文件给出的126个资源型地级市名录作为样本框,采用定性与定量相结合的方法,识别并划分中国化石能源城市。

基于能源类型,本文将化石能源城市划分为煤炭型、油气型和煤炭油气型3类。其中:①煤炭型城市的确立是以《资源型城市规划》划分资源型城市的时间为基准(即2012年),参考李文彦^[30]、刘耀彬等^[31]、国家计委宏观经济研究院课题组^[32]识别煤炭型城市的方法,通过判断资源型城市2012年的主导产业是否包含煤炭工业、原煤生产规模是否高于1000万t、煤炭产值占GDP比值是否超过10%、煤炭开采和洗选业从业人数是否超过5.68%^①等4项指标,以满足2项及以上指标为标准进行判断的。针对部分城市2012年数据缺失,本文采用2012年前后1年的数据进行补充,例如分别采用2011年、2013年的数据来判断张家口、邯郸的城市类型。最终在126个资源型地级市中确定了48座煤炭型城市。②结合《资源型城市规划》和王咏剑等^[33]、薛雅伟等^[34]、李鹏泰^[35]的研究成果,确定了11座油气型城市。③《资源型城市规划》指出鄂尔多斯与榆林既是煤炭后备基地又是油气后备基地。因此,本文将鄂尔多斯与榆林认定为煤炭油气型城市。综上所述,本文识别化石能源城市57座,其中煤炭型、油气型和煤炭油气型的城市数量分别为46、9、2座。

基于开发阶段,本文参照《资源型城市规划》的

类型设定,将57座化石能源城市依照成长型、成熟型、衰退型、再生型进行划分,其数量分别为11、29、13、4个。具体划分结果如表1所示。

2.3 研究假设

2.3.1 “碳诅咒”效应在城市层面的存在性假设

本文将“碳诅咒”存在性假设应用到城市层面,在识别中国化石能源城市基础上提出以下假设:

H1:中国化石能源城市比非化石能源城市更依赖碳密集发展方式。

2.3.2 “碳诅咒”效应在城市层面的差异性假设

根据“碳诅咒”的形成机制,不同能源类型和开发阶段的化石能源城市可能因开采排放、挤出效应、能效提升意愿以及化石能源补贴的影响差异,导致不同程度的“碳诅咒”效应。基于这一理论推断,本文对各类化石能源城市所遭受的“碳诅咒”差异进行实证检验。

煤炭型、油气型、煤炭油气型城市对碳密集发展方式的依赖程度可能存在差异。①从开采排放来看,煤炭开采单位产品的能耗限额低于原油开采单位产品的能耗限额^[36]。基于利润最大化的理性假设,企业可能会按照单位产品能耗限额进行生产,因此油气型、煤炭油气型、煤炭型城市的开采排放对碳密集发展的促进作用依次减弱。②从挤出其他行业来看,尚无研究表明各类化石能源城市存在差别;从挤出其他能源来看,耗用煤炭、石油、天然气的碳足迹依次减少^[37],因此煤炭型、煤炭油气型、油气型城市的其他能源挤出效应对碳密集发展的促进作用依次减弱。③从能效提升意愿来看,尚无

表1 中国化石能源城市识别与分类

Table 1 Identification and classification of fossil fuel cities in China

类型		城市
化石能源城市	煤炭型	朔州市(1)、呼伦贝尔市(1)、六盘水市(1)、毕节市(1)、昭通市(1)、咸阳市(1)、邯郸市(2)、邢台市(2)、张家口市(2)、大同市(2)、阳泉市(2)、长治市(2)、晋城市(2)、晋中市(2)、忻州市(2)、临汾市(2)、吕梁市(2)、乌海市(3)、赤峰市(2)、鸡西市(2)、淮南市(2)、宿州市(2)、亳州市(2)、济宁市(2)、泰安市(2)、平顶山市(2)、鹤壁市(2)、曲靖市(2)、三门峡市(2)、达州市(2)、渭南市(2)、平凉市(2)、抚顺市(3)、阜新市(3)、辽源市(3)、鹤岗市(3)、双鸭山市(3)、七台河市(3)、淮北市(3)、萍乡市(3)、枣庄市(3)、焦作市(3)、铜川市(3)、石嘴山市(3)、唐山市(4)、徐州市(4)
	油气型	松原市(1)、延安市(1)、庆阳市(1)、克拉玛依市(2)、大庆市(2)、东营市(2)、濮阳市(3)、南阳市(4)、盘锦市(4)
	煤炭油气型	鄂尔多斯市(1)、榆林市(1)

注:(1)、(2)、(3)、(4)分别表示成长型、成熟型、衰退型、再生型化石能源城市。

① 2012年中国规模以上煤炭开采和洗选业企业从业人员年平均人数520.98万人,规模以上从业人员年平均人数9167.29万人,煤炭开采和洗选业企业从业人员占比为5.68%。

2023年8月

研究表明各类化石能源城市存在能效提升意愿的差别。④从化石能源补贴来看,中国对油气产品与煤炭产品均实施补贴,其中油气产品补贴较高^[38],这使得油气型、煤炭油气型、煤炭型城市的化石能源补贴对碳密集发展的促进作用依次减弱。通过对比3类城市在上述4个方面的“碳诅咒”机制差别(表2),本文提出以下假设:

H2:油气型、煤炭油气型、煤炭型城市对碳密集发展方式的依赖程度依次减弱。

成长型、成熟型、衰退型和再生型城市对碳密集发展方式的依赖程度可能存在差异。先前的研究普遍认为再生型城市已经基本摆脱了资源依赖^[39,40],而资源依赖是“碳诅咒”的根源,因此本文首先假设再生型化石能源城市摆脱了“碳诅咒”,即H3a。对比成长型、成熟型和衰退型城市:①从开采排放来看,成熟型、成长型、衰退型城市因开采量不同^[41],其促进碳密集发展的程度依次降低。②从挤出其他行业来看,成长型城市尚未形成该效应^[42],而成熟

型、衰退型城市的其他行业挤出效应可能抑制碳密集发展,其中后者程度更强;从挤出其他能源来看,成长型、成熟型、衰退型城市均可能形成该效应,但衰退型城市也可能引入其他能源^[43]。因此,成长型、成熟型城市的其他能源挤出效应促进碳密集发展,而衰退型城市对碳密集发展的影响不确定。③从能效提升意愿来看,成长型、成熟型城市对能效提升的投资热情较低,而衰退型城市对能效提升的投资热情较高^[44]。因此,成长型、成熟型城市的能效提升意愿可能促进碳密集发展,衰退型城市的能效提升意愿可能抑制碳密集发展。④从化石能源补贴来看,目前尚无研究指出成长型、成熟型和衰退型城市化石能源补贴对碳密集发展的影响差异。综上所述,通过对比成熟型、成长型和衰退型城市在上述4个方面的“碳诅咒”机制差别(表3),本文提出以下假设:

H3a:再生型化石能源城市摆脱了“碳诅咒”;

H3b:成熟型、成长型、衰退型化石能源城市对

表2 煤炭型、油气型、煤炭油气型城市“碳诅咒”效应的差异性假设

Table 2 Hypotheses regarding variations in the “carbon curse” effects in cities based on coal, oil-gas, and coal-oil-gas

	煤炭型城市	油气型城市	煤炭油气型城市
“碳诅咒”机制			
开采排放	促进碳密集,程度较弱	促进碳密集,程度最强	促进碳密集,程度较强
挤出效应			
挤出其他行业	—	—	—
挤出其他能源	促进碳密集,程度最强	促进碳密集,程度较弱	促进碳密集,程度较强
能效提升意愿	—	—	—
化石能源补贴	促进碳密集,程度较弱	促进碳密集,程度最强	促进碳密集,程度较强
城市对碳密集发展方式的综合依赖程度 (资源依赖对碳排放强度的影响)	相对较弱	相对最强	相对较强

注:—表示效应不确定,下同。

表3 成长型、成熟型、衰退型化石能源城市“碳诅咒”效应的差异性假设

Table 3 Hypotheses regarding variations in the “carbon curse” effects among fossil fuel cities in growing, mature, and declining stages

	成长型城市	成熟型城市	衰退型城市
“碳诅咒”机制			
开采排放	促进碳密集,程度较强	促进碳密集,程度最强	促进碳密集,程度较弱
挤出效应			
挤出其他行业	—	抑制碳密集,程度较弱	抑制碳密集,程度较强
挤出其他能源	促进碳密集	促进碳密集	—
能效提升意愿	促进碳密集	促进碳密集	抑制碳密集
化石能源补贴	—	—	—
城市对碳密集发展方式的综合依赖程度 (资源依赖对碳排放强度的影响)	相对较强	相对最强	相对较弱

碳密集发展方式的依赖程度依次减弱。

3 模型与数据

3.1 变量设计

3.1.1 被解释变量与解释变量

碳密集发展方式是“碳诅咒”效应检验的被解释变量,以碳排放强度表示,即单位经济产出的碳排放量。沿用Friedrich等^[1]、Abraham等^[14]在“碳诅咒”研究中对被解释变量的设定,采用单位GDP的二氧化碳排放量表示碳密集发展方式,记为 C (表4)。

化石能源富集程度是“碳诅咒”效应检验的解释变量,通常可从资源丰裕度和资源依赖度进行衡量。现有的国家层面“碳诅咒”研究,学者多采用化石能源丰裕度(例如化石能源储量或开采量)表示能源富集程度;城市层面的相关研究,考虑到资源依赖度是衡量经济健康的关键因素^[45],学者多采用资源依赖度来表示^[46,47]。本文参考李虹等^[48]、裴耀琳等^[49]学者对资源依赖度的设定,以采矿业从业人员数与年平均人口数的比值表示化石能源富集程度,记为 RD (表4)。

3.1.2 控制变量

本文设置了6个控制变量(表4),具体包括:

(1)经济发展程度。碳排放强度受经济发展的影响。本文应用表征经济发展的常用指标,即人均GDP^[50],作为影响碳排放强度的经济发展指标,记为 $PGDP$ 。

(2)绿色技术水平。绿色技术有利于降低碳排放强度,但也可能因扩散成本效果不显著^[51]。本文将绿色专利申请量作为绿色技术水平的衡量指标^[45,52],记为 GT 。

(3)环境规制水平。环境规制对碳排放强度的影响在不同地域和时域具有不同结果^[53]。环境规制水平通常采用单位经济产值的排污量或政策工具表示^[54,55]。受各地政策工具不一致的限制,本文采用前者表示环境规制水平^[56,57]。所选的污染物包括工业废水、工业二氧化硫和工业烟粉尘,所选的经济产出为第二产业产值。具体来说,本文通过对单位工业污染排放量的第二产业产值进行标准化和等权平均的方式来测算环境规制水平,记为 ER 。

(4)人口密度。高人口密度可能会引发两种效应:①可能导致活动数量和频率的增加,从而形成较高的碳排放强度^[58];②可能由于人力资本质量的提升促进绿色创新,从而降低碳排放强度^[59]。不失一般性,本文采用单位行政区域面积的人口数代表人口密度,记为 PD 。

(5)外商直接投资。外商直接投资可能对碳排放强度产生两种效应,即“污染避难所”效应和“污染晕轮”效应。前者认为,外商直接投资可能加剧东道主的环境污染,促进碳排放强度上升;后者认为,外商直接投资可能促进东道主技术提升、产业结构调整进而减少环境污染^[60,61],降低碳排放强度。不失一般性,本文采用实际利用外资与GDP的比值表示外商直接投资,记为 FDI 。

(6)政府干预程度。政府干预可能干扰市场增加碳排放强度,也可能纠正负外部性从而降低碳排放强度^[62]。政府干预可采用劳动力流动管制、财政支出占比、国有企业占比等指标表示^[63,64]。在邵帅等^[65]学者的研究基础上,本文采用除科技、教育以外的公共财政支出与GDP的比值作为政府干预程度的衡量指标,记为 GOV 。

表4 变量设计

Table 4 Variable design

变量类型	变量名称	测算方法	变量标识
被解释变量	碳密集发展方式	单位GDP的二氧化碳排放量	C
解释变量	化石能源富集程度	采矿业从业人员数与年平均人口数的比值	RD
控制变量	地域发展程度	人均GDP	$PGDP$
	绿色技术水平	绿色专利申请量	GT
	环境规制水平	单位工业污染排放量的第二产业产值	ER
	人口密度	单位行政区域面积的人口数	PD
	外商直接投资	实际利用外资与GDP的比值	FDI
	政府干预程度	除科技、教育以外的公共财政支出与GDP的比值	GOV

2023年8月

3.2 计量模型

由于本文在城市异质性视角下考察化石能源富集程度对碳密集发展方式的影响,因此含有类别影响的变系数模型有利于呈现更为真实的行为方程。其中,H1的检验模型如公式(1)所示;H2的检验模型如公式(2)所示;H3a和H3b的检验模型如公式(3)所示。

$$C_{it} = \alpha_i + \beta_0 RD_{it} + \beta_1 control_{it} + \gamma_1 RD_{it} F_{1i} + \gamma_0 RD_{it} F_{0i} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$C_{it} = \alpha_i + \beta_0 RD_{it} + \beta_1 control_{it} + \gamma_1 RD_{it} O_{1i} + \gamma_2 RD_{it} O_{2i} + \gamma_3 RD_{it} O_{3i} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$C_{it} = \alpha_i + \beta_0 RD_{it} + \beta_1 control_{it} + \gamma_1 RD_{it} P_{1i} + \gamma_2 RD_{it} P_{2i} + \gamma_3 RD_{it} P_{3i} + \gamma_4 RD_{it} P_{4i} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: C_{it} 表示碳密集发展方式; RD_{it} 表示化石能源富集程度; $control_{it}$ 表示控制变量合集,包括 $PGDP_{it}$ 、 GT_{it} 、 ER_{it} 、 PD_{it} 、 FDI_{it} 、 GOV_{it} 等6个变量; F_{1i} 、 F_{0i} 分别表示*i*城市是化石能源城市、非化石能源城市; O_{1i} 、 O_{2i} 、 O_{3i} 分别表示*i*城市是煤炭型城市、油气型城市、煤炭油气型城市; P_{1i} 、 P_{2i} 、 P_{3i} 、 P_{4i} 分别表示*i*城市是成长型城市、成熟型城市、衰退型城市、再生型城市; α 、 β 、 γ 表示待估参数; ε_{it} 表示扰动项。

3.3 数据描述

采用2012—2017年的数据进行“碳诅咒”检验,其原因在于《资源型城市规划》确立城市类型是以2012年数据为基准的,并且被解释变量的权威数据仅公布至2017年(截至2023年6月)。“碳诅咒”的存在性假设检验(H1),以中国293座地级市(因数据

缺失未包含港澳台)为样本框,选用2012—2017年间口径一致且数据完整的271座城市数据进行实证检验,其中,分类变量为是否为化石能源城市;“碳诅咒”的差异性假设检验(H2,H3a,H3b),以化石能源城市为样本框,应用2012—2017年间57座化石能源城市数据进行实证检验。其中,H2的分类变量为能源类型,H3a和H3b的分类变量为开发阶段。

本文采用了多样的数据来源,其中被解释变量中二氧化碳排放数据是在Chen等^[66]发布的中国县域二氧化碳数据基础上,以地级市为统计单元汇总得出的;绿色专利申请量是在国家知识产权数据库中,依据世界知识产权组织(WIPO)的国际专利分类绿色清单,以地级市为统计单元汇总得出的;其余数据来自于2013—2018年《中国城市统计年鉴》,个别数据由各省统计年鉴补充。

为减少共线性和异方差、压缩变量尺度,本文对原始数据进行对数处理。变量的描述统计如表5所示,不同类型城市的碳排放和资源依赖度差异显著。2012—2017年间,57座化石能源城市的平均碳排放强度和资源依赖度明显高于214座非化石能源城市的平均值(图1)。煤炭型城市的平均碳排放强度呈下降趋势,其下降率低于平均资源依赖度的下降率;油气型城市的平均资源依赖度最高,其变化率最小且与平均碳排放强度变化趋势最为接近(图2)。成长型城市的平均资源依赖度最低,成熟型城市的平均资源依赖度最高,衰退型城市的平均资源依赖度降幅最大;成长型与衰退型城市的平均碳排放强度接近,成熟型城市的平均碳排放强度降幅最大,再生型城市的平均碳排放强度最低(图3)。

表5 变量描述统计

Table 5 Descriptive statistics of variables

	<i>n</i> =271, <i>t</i> =6				<i>n</i> =57, <i>t</i> =6			
	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值
lnC	0.422	0.542	-1.893	2.779	0.804	0.513	-0.444	1.917
lnRD	-2.062	2.089	-9.560	3.062	0.452	1.113	-4.334	3.062
lnPGDP	10.655	0.559	9.006	13.055	10.620	0.569	9.261	12.456
lnGT	4.982	1.606	0.000	10.270	4.290	1.203	0.000	7.329
lnER	-3.651	0.972	-8.340	-0.301	-3.820	1.075	-7.115	-1.077
lnPD	5.694	0.903	1.629	7.881	5.496	0.990	2.304	6.938
lnFDI	-0.035	1.353	-8.332	3.044	-0.246	1.439	-6.807	2.099
lnGOV	2.692	0.447	1.250	4.336	2.698	0.444	1.250	3.856

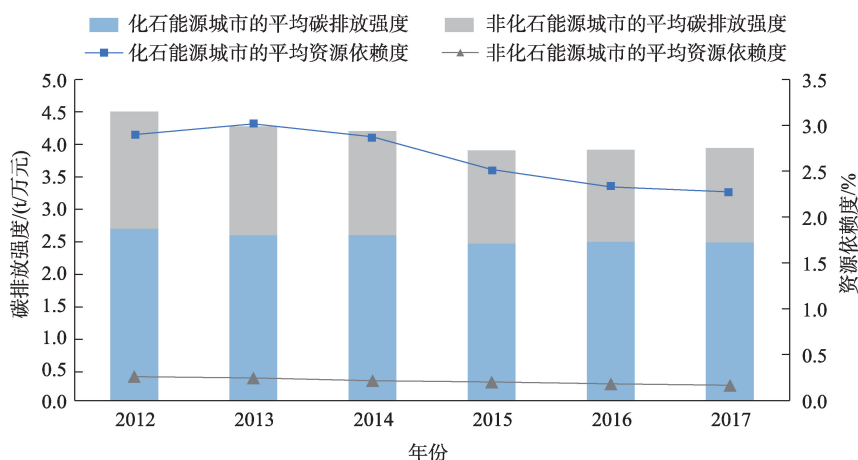


图1 2012—2017年化石能源城市与非化石能源城市的平均碳排放强度和平均资源依赖度

Figure 1 Average carbon emission intensity and resource dependency of fossil fuel cities and non-fossil fuel cities, 2012-2017

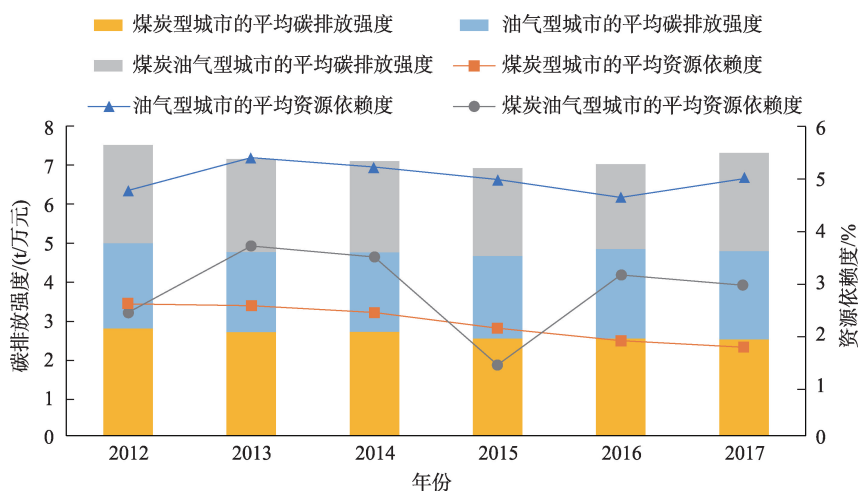


图2 2012—2017年煤炭型、油气型、煤炭油气型城市的平均碳排放强度和平均资源依赖度

Figure 2 Average carbon emission intensity and resource dependency of cities based on coal, oil-gas, and coal-oil-gas, 2012-2017

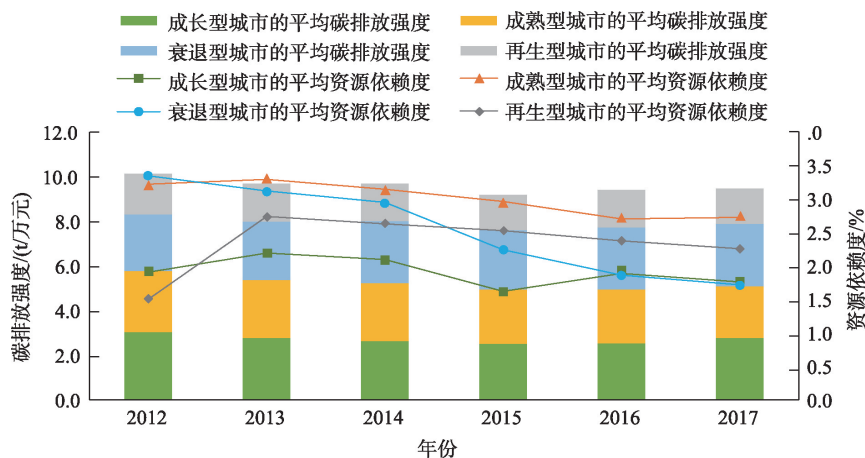


图3 2012—2017年成长型、成熟型、衰退型、再生型化石能源城市的平均碳排放强度和平均资源依赖度

Figure 3 Average carbon emission intensity and resource dependency of growing, mature, declining, and regeneration fossil fuel cities, 2012-2017

2023年8月

4 结果与分析

4.1 “碳诅咒”效应在城市层面的存在性检验结果

经模型设定检验发现,H1假设中经济发展程度和外商直接投资系数不受区域类型影响。H1的检验结果如表6所示,化石能源城市的资源依赖度正向影响碳排放强度,系数为0.038,在0.10的水平下显著;非化石能源城市的资源依赖度也正向影响碳排放强度,系数为0.007,但不显著。由此可知,化石能源城市比非化石能源城市更依赖碳密集发展模式,验证了H1。

另外,控制变量回归结果表明:城市的经济发展程度越好,碳排放强度越低;绿色技术、环境规制能够降低碳排放强度,前者在化石能源城市中显著,后者在非化石能源城市中显著;非化石能源城市的人口密度有效降低了碳排放强度,而化石能源城市中的人口密度则产生相反效果;外商直接投资降低碳排放强度的效果不显著;政府干预不利于降低碳排放强度,特别是在化石能源城市中,政府干预导致碳排放强度显著上升。

4.2 “碳诅咒”效应在城市层面的差异性检验结果

经过模型设定检验,H2假设中经济发展程度不受区域类型影响。H2的检验结果如表7,煤炭型、

油气型和煤炭油气型城市的资源依赖度均促进碳排放强度上升,影响系数分别为0.009、0.111和0.081,分别在0.05、0.01、0.01的水平下显著,表明油气型、煤炭油气型、煤炭型城市对碳密集发展方式的依赖程度依次减弱,验证了H2。根据理论假设,造成以上结果的原因可能在于:油气开采排放高于煤炭开采排放,同时中国对油气产品较高的补贴使其使用与开发增加,进而导致了碳排放强度的上升。

另外,控制变量回归结果表明:煤炭型城市的人口密度、政府干预显著增加了碳排放强度;油气型城市的绿色技术水平、外商直接投资显著增加了碳排放强度;煤炭油气型城市的环境规制、人口密度、外商直接投资显著增加了碳排放强度。

经过模型设定检验,H3a和H3b假设中经济发展程度与绿色技术水平不受区域类型影响。H3a和H3b的检验结果如表8所示,成长型、成熟型、衰退型、再生型的资源依赖度均会促进碳排放强度增加,影响系数分别为0.057、0.106、0.017、0.099,均在0.01的水平下显著。再生型城市的资源依赖度对碳排放强度具有显著正向影响,未通过H3a,即再生型城市尚未摆脱“碳诅咒”。成熟型、成长型、衰退型

表6 “碳诅咒”效应在城市层面的存在性检验结果

Table 6 Results from the “carbon curse” effect existence test at the city level

		碳排放强度 $\ln C$		
		系数	稳健标准误	p 值
资源依赖度 $\ln RD$	化石能源城市	0.038*	0.003	0.061
	非化石能源城市	0.007	0.001	0.159
经济发展程度 $\ln PGDP$		-0.526*	0.081	0.098
绿色技术水平 $\ln GT$	化石能源城市	-0.070*	0.008	0.076
	非化石能源城市	-0.098	0.016	0.107
环境规制水平 $\ln ER$	化石能源城市	-0.002	0.000	0.126
	非化石能源城市	-0.029**	0.001	0.036
人口密度 $\ln PD$	化石能源城市	0.204*	0.031	0.097
	非化石能源城市	-0.461**	0.015	0.022
外商直接投资 $\ln FDI$		-0.005	0.001	0.120
政府干预程度 $\ln GOV$	化石能源城市	0.237*	0.021	0.059
	非化石能源城市	0.033	0.012	0.224
截距项		8.085*	0.723	0.057
R^2		0.7150		
N		1561		

注: *、**、***分别表示在0.10、0.05、0.01的水平下显著,下同。

表7 煤炭型、油气型、煤炭油气型城市的“碳诅咒”差异性检验结果

Table 7 Results from the “carbon curse” effect variation test in cities based on coal, oil-gas, and coal-oil-gas

		碳排放强度 $\ln C$		
		系数	稳健标准误	p 值
资源依赖度 $\ln RD$	煤炭型城市	0.009**	0.001	0.024
	油气型城市	0.111***	0.004	0.002
	煤炭油气型城市	0.081***	0.002	0.001
经济发展程度 $\ln PGDP$		-0.800***	0.081	0.003
绿色技术水平 $\ln GT$	煤炭型城市	-0.053***	0.004	0.007
	油气型城市	0.029*	0.008	0.076
	煤炭油气型城市	-0.185***	0.006	0.001
环境规制水平 $\ln ER$	煤炭型城市	-0.007**	0.001	0.018
	油气型城市	-0.016***	0.001	0.007
	煤炭油气型城市	0.032**	0.005	0.023
人口密度 $\ln PD$	煤炭型城市	0.481***	0.017	0.001
	油气型城市	-1.269***	0.044	0.001
	煤炭油气型城市	6.464***	0.563	0.008
外商直接投资 $\ln FDI$	煤炭型城市	-0.002	0.001	0.273
	油气型城市	0.080***	0.006	0.006
	煤炭油气型城市	0.229***	0.013	0.004
政府干预程度 $\ln GOV$	煤炭型城市	0.154***	0.008	0.003
	油气型城市	0.009	0.027	0.768
	煤炭油气型城市	-0.263**	0.028	0.012
截距项		6.985***	0.336	0.002
R^2		0.7566		
N		324		

城市的资源依赖度对碳排放强度的影响系数依次下降,表明成熟型、成长型、衰退型化石能源城市对碳密集发展方式的依赖程度依次减弱,验证了H3b。根据理论假设,造成以上结果的原因可能在于:成熟型、成长型、衰退型城市的化石能源开采量逐渐减少;成熟型城市对其他能源的接纳程度最低,也没有强烈的能源效率提升意愿;衰退型城市已形成行业挤出,并且对能源效率提升和引入其他能源的意愿较强。

另外,控制变量回归结果表明:成长型城市的政府干预显著增加碳排放强度,成熟型城市的人口密度、外商直接投资、政府干预显著增加碳排放强度,衰退型城市的人口密度、政府干预显著增加碳排放强度,再生型城市的6个控制变量中仅有外商直接投资对碳排放强度的作用不显著。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文将“碳诅咒”理论延伸至城市层面,考察

“碳诅咒”在中国的存在性与差异性。首先,基于《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》,采用定性与定量相结合的方法识别了57座化石能源城市,并将其按照能源类型和开发阶段进行了分类;随后,基于“碳诅咒”的概念与形成机理,提出存在性和差异性假设,应用变系数固定效应模型,选用2012—2017年的面板数据,验证了“碳诅咒”在中国城市层面的存在性,分析了不同化石能源城市遭受“碳诅咒”的程度差异。主要得出以下结论:

(1)在中国城市层面,“碳诅咒”现象确实存在,即化石能源城市比非化石能源城市更倾向于采取碳密集发展方式。在化石能源城市中,不同能源类型和开发阶段导致了不同程度的“碳诅咒”。具体而言,油气型、煤炭油气型、煤炭型城市受“碳诅咒”的程度依次减弱;成熟型、再生型、成长型、衰退型城市受“碳诅咒”的程度依次减弱。

(2)化石能源城市的绿色技术有利于降低碳排

表8 成长型、成熟型、衰退型、再生型城市的“碳诅咒”差异性检验

Table 8 Results from the “carbon curse” effect variation test in growing, mature, declining, and regeneration fossil fuel cities

		碳排放强度 $\ln C$		
		系数	稳健标准误	p 值
资源依赖度 $\ln RD$	成长型城市	0.057***	0.006	0.009
	成熟型城市	0.106***	0.010	0.003
	衰退型城市	0.017***	0.002	0.002
	再生型城市	0.099***	0.013	0.005
经济发展程度 $\ln PGDP$		-0.732**	0.080	0.003
绿色技术水平 $\ln GT$		-0.036**	0.008	0.025
环境规制水平 $\ln ER$	成长型城市	-0.004	0.002	0.132
	成熟型城市	0.001	0.003	0.610
	衰退型城市	-0.007***	0.001	0.005
	再生型城市	-0.034***	0.002	0.001
人口密度 $\ln PD$	成长型城市	-0.381***	0.019	0.000
	成熟型城市	0.272**	0.048	0.011
	衰退型城市	0.211***	0.011	0.000
	再生型城市	-0.119**	0.036	0.047
外商直接投资 $\ln FDI$	成长型城市	0.003	0.002	0.320
	成熟型城市	0.005**	0.001	0.043
	衰退型城市	-0.008	0.004	0.138
	再生型城市	0.005	0.007	0.508
政府干预程度 $\ln GOV$	成长型城市	0.151**	0.034	0.021
	成熟型城市	0.134**	0.021	0.009
	衰退型城市	0.294***	0.017	0.000
	再生型城市	-0.059**	0.010	0.011
截距项		7.506***	0.692	0.022
R^2		0.7607		
N		324		

放强度,人口密度与政府干预则不利于降低碳排放强度,环境规制与外商直接投资降低碳排放强度的作用不显著。具体来看,煤炭型城市的人口密度、政府干预,油气型城市的绿色技术、外商直接投资,煤炭油气型城市的环境规制、人口密度、外商直接投资不利于降低碳排放强度。成长型城市的政府干预,成熟型城市的人口密度、外商直接投资、政府干预,衰退型城市的人口密度、政府干预,再生型的外商直接投资不利于降低碳排放强度。

5.2 讨论

目前,有关“碳诅咒”的理解存在一些误解,容易与“资源诅咒”概念混淆。尽管两者都与资源富集有关,但“碳诅咒”特指化石能源富集产生的现象。同时,两者的被解释变量不同,“碳诅咒”聚焦

碳排放强度,“资源诅咒”关注经济增长。破除“碳诅咒”是克服“资源诅咒”的延伸,是在碳达峰碳中和背景下,资源型城市绿色转型的必然要求。

本文在中国城市层面验证了“碳诅咒”效应的存在,这与以资源型城市为样本验证资源依赖对碳排放效率存在显著正向影响的结论具有一致性^[6]。为进一步“因地制宜、分类施策”,本文对各类化石能源城市进行了“碳诅咒”效应的差异性检验。

对比煤炭型、油气型、煤炭油气型城市的“碳诅咒”效应发现,油气型城市对碳密集发展方式的依赖程度最高,其绿色技术水平和外商直接投资不利于降低碳排放强度。尽管尚未深入验证油气型城市出现最强“碳诅咒”效应的形成机制,但这一发现提醒研究者和决策者多关注油气型城市以减轻其

“碳诅咒”影响。具体可通过引导关键耗能设备的节能降耗和工艺流程改造,促进油气企业的绿色技术提升;依循《关于深化石油天然气体制改革的若干意见》《中华人民共和国外商直接投资法》《优化营商环境条例》等文件,推动油气全产业链开放,简政放权、优化营商环境,促进外资优势互补^[67]。

对比成长型、成熟型、衰退型、再生型城市“碳诅咒”效应发现:①成长型城市的碳密集依赖程度低于成熟型城市,其人口密度有利于降低碳排放强度,而政府干预却产生相反效果。这意味着,若不适当调整,成长型城市将在进入成熟阶段时面临碳排放增加的挑战。因此,成长型城市应以“留才留智”为核心,优化政府干预措施,减少对碳密集发展方式的依赖。②成熟型城市的碳密集依赖程度高于衰退型城市,其人口密度、外商直接投资、政府干预均不利于降低碳排放强度。尽管成熟型城市在自然发展过程中可能逐渐减少碳密集依赖,但这种自然过渡并不满足“双碳”要求。因此,成熟型城市需要打破路径依赖,提前规划转型方案,优化人才与外商投资政策。③衰退型城市的政府干预程度不利于降低碳排放强度,因此需要摒弃非必要的政府干预,尤其是对僵尸企业的扶持^[68]。④再生型城市尚未摆脱“碳诅咒”,其外商直接投资不利于降低碳排放强度。为此,再生型城市应优化外商投资,避免外资流入化石能源密集型产业,加强外资对绿色技术与低碳管理创新的支持。

参考文献(References):

- [1] Friedrichs J, Inderwildi O R. The carbon curse: Are fuel rich countries doomed to high CO₂ intensities?[J]. *Energy Policy*, 2013, 62: 1356–1365.
- [2] Khan K, Zhang J, Gul F, et al. The “carbon curse”: Understanding the relationship between resource abundance and emissions[J]. *The Extractive Industries and Society*, 2022, DOI: 10.1016/j.exis.2022.101119.
- [3] Chiroleu-Assouline M, Fodha M, Kirat Y. Carbon curse in developed countries[J]. *Energy Economics*, 2020, DOI: 10.1016/j.eneco.2020.104829.
- [4] Wang K Y, Wu M, Sun Y P, et al. Resource abundance, industrial structure, and regional carbon emissions efficiency in China[J]. *Resources Policy*, 2019, 60: 203–214.
- [5] Wu L F, Sun L W, Qi P X, et al. Energy endowment, industrial structure upgrading, and CO₂ emissions in China: Revisiting resource curse in the context of carbon emissions[J]. *Resources Policy*, 2021, DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102329.
- [6] Fan M, Li M X, Liu J H, et al. Is high natural resource dependence doomed to low carbon emission efficiency? Evidence from 283 cities in China[J]. *Energy Economics*, 2022, DOI: 10.1016/j.eneco.2022.106328.
- [7] Luo K Y, Wang Q, Liang C. The way to break the resource curse: New evidence from China[J]. *Resources Policy*, 2022, DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102971.
- [8] 冯国强, 马通. 环境治理的“资源诅咒”效应: 来自二氧化硫减排的经验证据[J/OL]. *软科学*, (2023-05-30) [2023-08-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20230529.1758.012.html>. [Feng G Q, Ma T. “Resources Curse” in environment governance: Evidence from sulfur dioxide emission reduction in China[J]. *Soft Science*, (2023-05-30) [2023-08-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20230529.1758.012.html>.]
- [9] 张丽, 盖国凤. 煤炭产业依赖对全要素生产率影响研究: 基于有条件“资源诅咒”假说[J]. *财经问题研究*, 2020, (3): 39–47. [Zhang L, Gai G F. The impact of coal industry dependence on total factor productivity: Based on the conditional “resource curse” hypothesis[J]. *Research on Financial and Economic Issues*, 2020, (3): 39–47.]
- [10] Shahbaz M, Ahmed K, Tiwari A K, et al. Resource curse hypothesis and role of oil prices in USA[J]. *Resources Policy*, 2019, DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.101514.
- [11] 曲建升, 高峰, 张旺锋, 等. 不同资源类型的资源型城市经济转型基础与模式比较: 以典型资源型城市为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2007, (2): 12–16. [Qu J S, Gao F, Zhang W F, et al. Comparative study on economic transformation of resources-based cities [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, (2): 12–16.]
- [12] 张在旭, 薛雅伟, 郝增亮, 等. 中国油气资源城市“资源诅咒”效应实证[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(10): 79–86. [Zhang Z X, Xue Y W, Hao Z L, et al. An empirical study on resource curse effect of China’s oil and gas resources city[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(10): 79–86.]
- [13] 曾贤刚, 段存儒. 煤炭资源枯竭型城市绿色转型绩效评价与区域差异研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(7): 127–135. [Zeng X G, Duan C R. Performance evaluation and differential analysis on green transformation of coal resource-exhausted cities in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(7): 127–135.]
- [14] Abraham B M. A subnational carbon curse? Fossil fuel richness and carbon intensity among US states[J]. *The Extractive Industries*

2023年8月

- and Society, 2021, DOI: 10.1016/j.exis.2020.12.007.
- [15] Erdoğan S, Çakar N D, Ulucak R, et al. The role of natural resources abundance and dependence in achieving environmental sustainability: Evidence from resource-based economies[J]. *Sustainable Development*, 2021, 29(1): 143–154.
- [16] Onifade S T. Retrospecting on resource abundance in leading oil-producing African countries: How valid is the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in a sectoral composition framework?[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29: 52761–52774.
- [17] Mirziyoyeva Z, Salahodjaev R. Renewable energy and CO₂ emissions intensity in the top carbon intense countries[J]. *Renewable Energy*, 2022, 192: 507–512.
- [18] Cheng Z H, Li X, Wang M X. Resource curse and green economic growth[J]. *Resources Policy*, 2021, DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102325.
- [19] 郝晓伟, 杨曦, 闵维方. “资源诅咒”是否会挤出教育投入?[J]. *教育与经济*, 2022, 38(1): 78–88. [Hao X W, Yang X, Min W F. Will the “resource curse” lead to the crowding out of education investment?[J]. *Education and Economy*, 2022, 38(1): 78–88.]
- [20] Tenaw D, Beyene A D. Environmental sustainability and economic development in sub-Saharan Africa: A modified EKC hypothesis [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, DOI: 10.1016/j.rser.2021.110897.
- [21] Gupta A K, Hall C A S. A review of the past and current state of EROI data[J]. *Sustainability*, 2011, 3(10): 1796–1809.
- [22] 马翠梅, 戴尔阜, 刘乙辰, 等. 中国煤炭开采和矿后活动甲烷逃逸排放研究[J]. *资源科学*, 2020, 42(2): 311–322. [Ma C M, Dai E F, Liu Y C, et al. Methane fugitive emissions from coal mining and post-mining activities in China[J]. *Resources Science*, 2020, 42(2): 311–322.]
- [23] Behzadan N, Chisik R, Onder H, et al. Does inequality drive the Dutch disease? Theory and evidence[J]. *Journal of International Economics*, 2017, 106: 104–118.
- [24] Mejía L B. Mining and human capital accumulation: Evidence from the Colombian gold rush[J]. *Journal of Development Economics*, 2020, DOI: 10.1016/j.jdeveco.2020.102471.
- [25] He X P, Mou D G. Impacts of mineral resources: Evidence from county economies in China[J]. *Energy Policy*, 2020, DOI: 10.1016/j.enpol.2019.111088.
- [26] Rühl C, Appleby P, Fennema J, et al. Economic development and the demand for energy: A historical perspective on the next 20 years[J]. *Energy Policy*, 2012, 50: 109–116.
- [27] Coady M D, Parry I, Le N P, et al. Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates[M]. Washington: International Monetary Fund, 2019.
- [28] de Bruin K, Yakut A M. The impacts of removing fossil fuel subsidies and increasing carbon taxation in Ireland[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2023, 85: 741–782.
- [29] 徐晓亮, 许学芬. 能源补贴改革对资源效率和环境污染治理影响研究: 基于动态CGE模型的分析[J]. *中国管理科学*, 2020, 28(5): 221–230. [Xu X L, Xu X F. The impact of China’s energy subsidies on resource efficiency and environmental pollution control [J]. *China Journal of Management Science*, 2020, 28(5): 221–230.]
- [30] 李文彦. 煤矿城市的工业发展与城市规划问题[J]. *地理学报*, 1978, 33(1): 63–77. [Li W Y. Industrial development and urban planning issues of coal mining cities[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1978, 33(1): 63–77.]
- [31] 刘耀彬, 吴学平, 傅春. 中国煤炭城市分类及其经济运行轨迹分析[J]. *资源科学*, 2007, (3): 2–7. [Liu Y B, Wu X P, Fu C. Classification and economic development track of coal mining cities in China[J]. *Resources Science*, 2007, (3): 2–7.]
- [32] 国家计委宏观经济研究院课题组. 我国资源型城市的界定与分类[J]. *宏观经济研究*, 2002, (11): 37–39. [Research Group of the National Development and Reform Commission’s Macroeconomic Research Institute. Definition and classification of resource-based cities in China[J]. *Macroeconomics*, 2002, (11): 37–39.]
- [33] 王咏剑, 杨晓光. 基于产业关联度和聚类分析的中国油气资源城市分类研究[J]. *科技促进发展*, 2019, 15(2): 134–142. [Wang Y J, Yang X G. The classification of oil and gas resource-based cities in China based on industry correlation and cluster analysis [J]. *Science & Technology for Development*, 2019, 15(2): 134–142.]
- [34] 薛雅伟, 张剑. 基于双标分类与要素演化的油气资源城市“资源诅咒”情景模拟[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(9): 11–21. [Xue Y W, Zhang J. Scenario simulation of resource curse in oil and gas resource-based cities based on double-standard classification and element evolution[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(9): 11–21.]
- [35] 李鹏泰. 油气资源型城市绿色增长效率评价及影响因素分析[D]. 大庆: 东北石油大学, 2021. [Li P T. Green Growth Efficiency Measurement and Spatial Effect Analysis of Oil and Gas Resource-based Cities[D]. Daqing: The Northeast Petroleum University, 2021.]
- [36] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 煤炭井工开采单位产品能源消耗限额(GB 29444–2012) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People’s Republic of China, Standardization Administration of China. The Norm of Energy Consumption per Unit Product of Coal Underground Mining (GB 29444–2012) [S]. Beijing: China Standards Press, 2012.]

- [37] Khatib H. IEA world energy outlook 2011: A comment[J]. Energy Policy, 2012, 48: 737-743.
- [38] Timperley J. Why fossil fuel subsidies are so hard to kill?[J]. Nature, 2021, 598(7881): 403-405.
- [39] 曾刚, 陆琳忆, 何金廖. 生态创新对资源型城市产业结构与工业绿色效率的影响[J]. 资源科学, 2021, 43(1): 94-103. [Zeng G, Lu L Y, He J L. Impact of ecological innovation on the economic transformation of resource-based cities[J]. Resources Science, 2021, 43(1): 94-103.]
- [40] 刘小玲, 唐卓伟, 孙晓华, 等. 要素错配: 解开资源型城市转型困境之谜[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(10): 88-102. [Liu X L, Tang Z W, Sun X H, et al. Factors mismatch: Solving the mystery of transformation dilemma in resource-based cities[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(10): 88-102.]
- [41] 郑辉, 孙晓华, 龙睿. 资源型城市经济转型的路径与模式[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2022, (1): 61-74. [Zheng H, Sun X H, Long R. Paths and models of economic transformation in resource-based cities[J]. Fujian Tribune, 2022, (1): 61-74.]
- [42] 张文龙, 高雯昊. 资源依赖与市级开采地经济发展[J]. 会计之友, 2022, (19): 138-147. [Zhang W L, Gao W H. Resource dependence and economic development of municipal mining areas[J]. Friends of Accounting, 2022, (19): 138-147.]
- [43] 徐换歌. 新能源示范城市与地区经济增长[J]. 华东经济管理, 2021, 35(1): 76-85. [Xu H G. New energy demonstration cities and regional economic growth[J]. East China Economic Management, 2021, 35(1): 76-85.]
- [44] 宋德勇, 李项佑, 李超. 资源枯竭城市转移支付对绿色技术创新的影响: 赋能激励抑或政策陷阱[J]. 工业技术经济, 2020, 39(11): 19-27. [Song D Y, Li X Y, Li C. The impact of transfer payments in resource-exhausted cities on green technology innovation: Empowerment incentives or policy traps[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2020, 39(11): 19-27.]
- [45] 邵帅, 杨莉莉. 自然资源丰裕、资源产业依赖与中国区域经济增长[J]. 管理世界, 2010, (9): 26-44. [Shao S, Yang L L. Abundance of natural resources, dependence on resource industries, and China's regional economic growth[J]. Journal of Management World, 2010, (9): 26-44.]
- [46] 李婉红, 李娜. 自然资源禀赋、市场化配置与产业结构转型: 来自116个资源型城市的经验证据[J]. 现代经济探讨, 2021, (8): 52-63. [Li W H, Li N. Natural resource endowment, market allocation, and industrial structure transformation: Empirical evidence from 116 resource-based cities[J]. Modern Economic Research, 2021, (8): 52-63.]
- [47] 姚璐, 王书华, 范瑞. 资源依赖视角下金融集聚对绿色全要素生产率的影响[J]. 资源科学, 2023, 45(2): 308-321. [Yao L, Wang S H, Fan R. The impact of financial agglomeration on green total factor productivity from the perspective of resource dependence[J]. Resources Science, 2023, 45(2): 308-321.]
- [48] 李虹, 邹庆. 环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究: 基于资源型城市与非资源型城市的对比分析[J]. 经济研究, 2018, 53(11): 182-198. [Li H, Zou Q. Environmental regulation, resource endowments and urban industrial transformation: Comparative analysis of resource-based and non-resource-based cities[J]. Economic Research Journal, 2018, 53(11): 182-198.]
- [49] 裴耀琳, 郭淑芬. 资源禀赋约束下生产性服务业集聚的产业结构调整效应研究: 基于资源型城市与非资源型城市的对比分析[J]. 软科学, 2021, 35(1): 62-67. [Pei Y L, Guo S F. Research on the industrial structure adjustment effect of productive service industry agglomeration under the restriction of resource endowment: Comparative analysis based on resource-based cities and non-resource-based cities[J]. Soft Science, 2021, 35(1): 62-67.]
- [50] 岳立, 曹雨暄, 王宇. 能源政策的区域碳减排效应[J]. 资源科学, 2022, 44(6): 1105-1118. [Yue L, Cao Y X, Wang Y. Effect of energy policies on regional carbon emission reduction[J]. Resources Science, 2022, 44(6): 1105-1118.]
- [51] Du K R, Li P Z, Yan Z M. Do green technology innovations contribute to carbon dioxide emission reduction? Empirical evidence from patent data[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2019, 146: 297-303.
- [52] 张海军, 段茂盛, 李东雅. 中国试点碳排放权交易体系对低碳技术创新的影响: 基于试点纳入企业的实证分析[J]. 环境经济研究, 2019, 4(2): 10-27. [Zhang H J, Duan M S, Li D Y. The impact of China's pilot carbon emission trading system on low-carbon technology innovation: An empirical analysis based on pilot-included enterprises[J]. Journal of Environmental Economics, 2019, 4(2): 10-27.]
- [53] Mazaheri M, Roca J B, Markus A, et al. Market-based instruments and sustainable innovation: A systematic literature review and critique[J]. Journal of Cleaner Production, 2022, DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133947.
- [54] 王超, 李真真, 蒋萍. 环境规制政策对中国重污染工业行业技术创新的影响机制研究[J]. 科研管理, 2021, 42(2): 88-99. [Wang C, Li Z Z, Jiang P. A research on the influence mechanism of environmental regulation on technological innovation in China's heavily-polluting industries[J]. Science Research Management, 2021, 42(2): 88-99.]
- [55] 沈晓梅, 于欣鑫, 姜明栋, 等. 基于全过程治理的环境规制减排机制研究: 来自长江经济带数据的实证检验[J]. 中国环境科学, 2020, 40(12): 5561-5568. [Shen X M, Yu X X, Jiang M D, et al. Emission reduction mechanism of environmental regulation from a perspective of whole-process prevention: Evidences from the Yangtze River Economic Belt[J]. China Environmental Sci-

2023年8月

- ence, 2020, 40(12): 5561–5568.]
- [56] 朱向东, 贺灿飞, 李茜, 等. 地方政府竞争、环境规制与中国城市空气污染[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(6): 103–110. [Zhu X D, He C F, Li Q, et al. Influence of local government competition and environmental regulations on Chinese urban air quality[J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(6): 103–110.]
- [57] 黄清子, 马亮. 环境规制破解资源诅咒的异质效应[J]. 中国环境科学, 2021, 41(7): 3453–3462. [Huang Q Z, Ma L. The heterogeneous effects of environmental regulations on resource curse[J]. China Environmental Science, 2021, 41(7): 3453–3462.]
- [58] 刘海英, 郭文琪. 碳排放权交易政策试点与能源环境效率: 来自中国287个地级市的实证检验[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2022, 42(5): 72–86. [Liu H Y, Guo W Q. Carbon emission trading policy pilot and energy–environmental efficiency: An empirical study of 287 prefecture–level cities in China[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences), 2022, 42(5): 72–86.]
- [59] Ahmed Z, Wang Z H. Investigating the impact of human capital on the ecological footprint in India: An empirical analysis[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2019, DOI: 10.1007/s11356-019-05911-7.
- [60] 向宇, 代沁雯. “双碳”目标下双向FDI协调发展的碳减排效应及其空间溢出[J]. 金融经济研究, 2022, 37(2): 105–121. [Xiang Y, Dai Q W. The carbon emission reduction effect and spatial spillover of two-way FDI coordinated development under the “Carbon Peaking and Carbon Neutrality” goals[J]. Financial Economics Research, 2022, 37(2): 105–121.]
- [61] An T X, Xu C Y, Liao X C. The impact of FDI on environmental pollution in China: Evidence from spatial panel data[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28: 44085–44097.
- [62] Chen H, Hao Y, Li J, et al. The impact of environmental regulation, shadow economy, and corruption on environmental quality: Theory and empirical evidence from China[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 195: 200–214.
- [63] 赵勇, 魏后凯. 政府干预、城市群空间功能分工与地区差距: 兼论中国区域政策的有效性[J]. 管理世界, 2015, (8): 14–29. [Zhao Y, Wei H K. Government intervention, spatial division of labor in urban agglomerations, and regional disparities: On the effectiveness of China's regional policies[J]. Journal of Management World, 2015, (8): 14–29.]
- [64] 闫庆友, 桂增侃, 张文华, 等. 中国能源影子价格和能源环境效率省际差异[J]. 资源科学, 2020, 42(6): 1040–1051. [Yan Q Y, Gui Z K, Zhang W H, et al. The heterogeneity of regional energy shadow price and energy environment efficiency in China[J]. Resources Science, 2020, 42(6): 1040–1051.]
- [65] 邵帅, 徐乐, 章绍一. 碳排放权交易能否助力实现“双碳”目标: 来自能源供给侧与消费侧的异质性证据[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2022, 50(4): 27–40. [Shao S, Xu L, Zhang S Y. Whether carbon emission permit trade contributes to carbon peaking and carbon neutrality: The heterogeneous evidence of the energy of the energy supply and consumption sides[J]. Journal of Lanzhou University (Social Sciences), 2022, 50(4): 27–40.]
- [66] Chen J D, Gao M, Cheng S L, et al. County-level CO₂ emissions and sequestration in China during 1997–2017[J]. Scientific Data, 2020, 7(1): 1–12.
- [67] 陈嘉茹, 燕菲, 陈建荣, 等. 油气全产业链开放进入新时期: 2019年中国油气政策综述[J]. 国际石油经济, 2020, 28(2): 55–60. [Chen J R, Yan F, Chen J R, et al. A new era for whole industry chain of oil and gas: 2019 policy review of oil and gas in China[J]. International Petroleum Economics, 2020, 28(2): 55–60.]
- [68] 邵帅, 尹俊雅, 范美婷, 等. 僵尸企业与低碳转型发展: 基于碳排放绩效的视角[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(10): 89–108. [Shao S, Yin J Y, Fan M T, et al. Zombie firms and low-carbon transformation development: A perspective on carbon emission performance[J]. Journal of Quantitative Technological Economics, 2022, 39(10): 89–108.]

The “carbon curse” effect and its heterogeneity in cities of China

HUANG Qingzi¹, LI Dongdong¹, LI Min²

(1. School of Public Policy and Administration, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;

2. School of Public Policy and Administration, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: [Objective] The term “carbon curse” outlines a situation where regions with abundant fossil fuel resources are more likely to pursue a carbon-intensive growth path than regions with scarce fossil fuel resources. This study examined the existence and variations of the “carbon curse” effect in China in order to extend the “carbon curse” theory to the city level. [Methods] By identifying Chinese fossil fuel cities, categorizing their energy types and development stages, and employing a variable coefficient fixed-effects model with panel data from prefecture-level cities from 2012 to 2017, this study aims to investigate the existence of the “carbon curse” effect at the urban level in China, as well as the varying degrees to which different fossil fuel cities are affected by the “carbon curse.” [Results] Compared to Chinese cities that relied on non-fossil energy sources, those that depended on fossil fuels were more likely to adopt carbon-intensive development strategies. Oil-gas cities, coal-oil-gas cities, and coal cities were in decreasing order of “carbon curse” severity according to the energy source of fossil fuel cities. Mature cities, regeneration cities, growing cities, and declining cities were ranked in decreasing order of “carbon curse” severity according to the development stages of fossil fuel cities. Taking control variables into account, high population density and government intervention in fossil fuel cities increased carbon intensity, and environmental regulations and foreign direct investment had no appreciable impact on lowering it. [Conclusion] The “carbon curse” phenomenon does in fact exist at the city level in China. Different energy sources and developmental stages of cities caused variations in this phenomenon, and it is necessary to further investigate the underlying mechanisms that caused these discrepancies.

Key words: “carbon curse”; fossil fuels; heterogeneity; prefecture-level city panel data; fixed-effects model with variable coefficients; China