

能源结构、人均GDP、碳排放与数字经济发展

——基于四川省的经验

郭香凝 索尼 廖露 周蓉*

成都信息工程大学统计学院 四川成都 610000

摘要: 随着互联网、大数据、云计算等新技术的发展,数字经济凭借创新性和融合性已成为经济发展新增长点。与此同时,“30·60”的双碳目标提出后,低碳发展成为各国关注的焦点。本文基于四川省的面板数据,运用非线性回归模型找出对碳排放具有显著影响的因素,利用中介效应模型筛选出显著性因素中与数字经济有关因素,建立碳排放量与显著性因素以及数字经济之间的关系。研究发现:能源结构合理化、人均GDP的提升,有助于四川省碳排放量的减少,并推动数字经济的发展。

关键词: 数字经济;碳减排;能源结构;人均GDP;中介效应模型

Energy structure, GDP per capita, carbon emissions and digital economy development

— Based on the experience of Sichuan Province

Xiangning Guo, Ni Suo, Lu Liao, Rong Zhou

School of Statistics, Chengdu University of Information Engineering Chengdu 610000, Sichuan

Abstract: With the development of new technologies such as the Internet, big data, and cloud computing, the digital economy has become a new addition to economic development by virtue of innovation and integration. At the same time, after the “30·60” double carbon goal was proposed, low-carbon development has become the focus of attention of all countries. Based on the panel data of Sichuan province, this paper uses the nonlinear regression model to find out the factors that have a significant impact on carbon emissions, uses the mediation effect model to screen out the factors related to the digital economy among the significant factors, and establishes the relationship between carbon emissions, significant factors, and digital economy. The study found that the rationalization of energy structure and the improvement of per capita GDP would help to reduce carbon emissions in Sichuan Province and promote the development of the digital economy.

Keywords: Digital economy; Carbon reduction; Energy structure; Per capita GDP; Mediation effect model

基金项目: 成都信息工程大学大学生创新创业训练计划项目资助,项目编号:202210621339

作者简介:

郭香凝(2000.04-),汉族,四川遂宁人,成都信息工程大学统计学院本科在读,研究方向:金融工程。

索尼(2001.11-),汉族,内蒙古呼和浩特人,成都信息工程大学统计学院本科在读,研究方向:统计学。

廖露(2002.02-),汉族,四川遂宁人,成都信息工程大学统计学院本科在读,研究方向:统计学。

通讯作者简介: 周蓉(1966.05-),汉族,重庆人,博士,副教授,成都信息工程大学统计学院教师,研究方向:微观金融。

一、前言

近年来随着经济的发展与技术的进步,绿色发展成为我国发展的一个重要发展目标,然而碳排放量过高严重阻碍绿色发展,国家层面对碳减排的关注度持续上升,“十四五”规划中明确提出我国要进一步加强推动绿色发展的力度,助力2030年达到碳达峰,从而实现2060年达到碳中和。

数字经济产业的发展规模也逐渐扩大。中国信通院等的权威机构数据显示,2020年,我国数字经济的规模为2020年的39.20万亿,是2005年的15倍之多,占GDP比重高达43.70%。2022年1月12日,国务院印发的《“十四五”数字经济发展规划》要求数字经济核心产业增加值占据GDP的比重需要达到10%,在2025年,数字经济发展将向各个行业全面展开。从数额上讲,我国数字经济产业规模将在2025年达到12.50万亿,约是2020年的1.6倍。

碳减排和数字经济发展都是近年来的热点,专家学者对碳减排和数字经济分别的研究也很多,但将二者结合起来的研究很少,那么碳减排和数字经济之间是否有某种关系呢?若有,那具体关系是什么?是否可以基于这关系,提出一些可实施性建议来促进碳减排或是促进数字经济的发展?本文针对以上问题进行研究。

二、文献回顾与研究假设

国内许多学者对影响碳排放量的因素都有所研究。马颖等(2022)基于北上津区域能源消费分析,得到优化能源消费结构和减弱能源消费强度对碳排放的阻抑作用明显;刘腾等(2022)基于江苏省工业行业现状分析得知影响碳排放量的主要因素是能源强度。关敏捷(2021)针对山西省能源碳排放量分析得出,人均GDP为影响碳排放量的显著性因素之一;郭险峰等(2022)针对我国31省碳排放数据分析得知,农业人均GDP对农业碳排放量由有显著影响。基于以上学者的分析,本文提出假设1。

H1:四川省能源结构、人均GDP对碳排放量有显著的影响。

据第七次人口普查,2020年四川省常住人口数为8367.5万。此外,据《2021年中国统计年鉴》,2020年四川省地区生产总值为48598.76亿元,较全国其他地区的生产总值虽不低,但在庞大的人口基数下,人均GDP仅为58126元。而人均GDP不高,人们的消费水平受限,势必影响数字经济产业的发展。基于上述分析,本文提出假设2。

H2:四川省能源结构不合理与人均GDP不足在一定程度上抑制了数字经济的发展。

三、模型介绍与变量选取

(一)非线性回归模型的基本思想及模型介绍

本研究中自变量与因变量之间存在显著的非线性关系,于是,本文将收集到的数据利用函数公式进行转化,将模型线性化,再利用线性回归求解未知参数,并作回归诊断。本文选取模型:

$$y = \alpha e^{bx} e^{\varepsilon} \quad (1)$$

对于式(1),等式两边同时取自然对数,得

$$\ln y = \ln \alpha + bx + \varepsilon$$

令 $y' = \ln y$, $\beta_0 = \ln \alpha$, $\beta_1 = b$,于是得到 y' 关于 x 得一元线性回归模型:

$$y' = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

处理非线性模型时,对于误差项,本文默认误差项的形式为可以直接进行线性回归的误差项形式,因此误差项对于回归的结果以及系数影响很小,于是选择省去误差项,仅保留含有变量的函数形式。把式(1)简写为 $y = \alpha e^{bx}$ 。

(二)中介效应模型的基本原理

当两个变量间并不存在直接的影响关系,变量A与变量B之间存在一个或多个变量M充当搭建A与B关系的“桥梁”,则称X对A、B具有中介效应,变量M为中介变量,称 $A \rightarrow M \rightarrow B$ 模型为中介效应模型。本文尝试利用中介效应模型对数字经济以及能源碳排放量之间建立模型,进而利用Bootstrap算法对模型的中介效应进行检验。

(三)数据来源

根据指标数据的可获得性,本文选取了能源碳排放量、总人口、人均GDP、城镇化率、能源强度、能源结构、产业结构、数字经济指数几个重要指标作为研究对象。在数据的收集上,本文主要参考《四川省统计年鉴》、《中国能源年鉴》以及国家统计局公布的相关数据。

四、碳排放显著影响因素的分析

(一)非线性回归模型的建立

参考已有文献中学者的研究并结合四川省能源的实际情况,本文选取总人口(万人)、城镇化率(%)、人均GDP(元·人⁻¹)、能源强度(t标准煤·万元⁻¹)、产业结构(%)、能源结构(%)六个影响指标作为自变量,能源碳排放量(t二氧化碳)作为因变量。通过画散点图,发现除产业结构外,能源碳排放量与总人口、

城镇化率、人均GDP、能源结构、能源强度存在显著的二次关系，于是剔除产业结构并建立每个自变量与能源碳排放量的二次模型并进行显著性检验，发现总人口未通过显著性检验，于是剔除总人口，保留其他变量。

根据已有数据利用非线性回归建立能源碳排放量与剩余的4个自变量的模型，得到lny与lnrjGDP、lnltpfqd、lnceyig、lnnyjg的线性模型如下：

$$\ln y = 9.920 + 0.061 \ln czhl + 0.852 \ln rjGDP + 0.692 \ln ltpfqd + 0.297 \ln nyjg$$

进而求得能源碳排放量与人均GDP、城镇化率、能源强度、能源结构的关系模型：

$$\hat{y} = 20332.99 \times czhl^{0.060} \times rjGDP^{0.853} \times nyqd^{0.692} \times nyjg^{0.29}$$

(二) 下一阶段构想与变量筛选

根据输出结果，对四川省能源碳排放量的显著影响因素有：人均GDP、城镇化率、能源结构、能源强度。为了验证能源碳排放量是否会影响到数字经济指数的变化，本文用中介效应模型将二者结合，具体想法如下：利用SPSS根据四个变量的维度进行其与数字经济指数的相关检验，根据检验结果是否显著选择合适的变量构建新模型，进而判断其在能源碳排放量与数字经济发展的关系中的中介效应。

五、中介效应的检验与分析

1. 相关性检验

本文利用SPSS检验四个自变量与因变量之间的相关性，相关检验结果如下：

表1 相关检验结果

	能源碳排放量	城镇化率	人均GDP	能源强度	能源结构	数字经济
1						
2	-0.849*	-				
3	-0.858*	0.981**	-			
4	0.896**	-0.987**	-0.974**	-		
5	0.795*	-0.980**	-0.932**	0.957**	-	
6	-0.845*	0.996**	0.990**	-0.979**	-0.972**	-

*p < 0.05; **p < 0.01

根据表1，可以观察到，对于能源碳排放量的显著因素中，最重要的是人均GDP，最不重要的是能源强度，所以剔除最不重要的因素，在此之间，对各因素进行相关性检验，利用皮尔逊相关分析，得出的相关性矩阵如表2所示。

表2 中介模型的直接间接效应和95%置信区间 (CI)

	模型路径	β	95 CI	
			Lower	Upper
	总效应	-0.111	-0.218	-0.056
Path1	能源碳排放量→能源结构→数字经济	-0.038	-0.105	-0.118
Path2	能源碳排放量→人均GDP→数字经济	-0.027	-0.179	0.004
Path3	能源碳排放量→能源结构→人均GDP→数字经济	-0.045	-0.815	0.213

以上结果显示，各变量之间均显著相关。由变量间的相关关系知，能源碳排放量较高时，人均GDP及数字经济指数则较小，而城镇化率越高的地区其能源碳排放量越低；随着城镇化率的提高，人均GDP提升，数字经济也发展的越来越好。

又因为城镇化率与能源强度在简单中介和链式中介下未通过检验，于是可以认为以上显著因素与能源碳排放量和数字经济之间没有中介效应，所以将城镇化率与能源强度这两个因素剔除后建立中介效应模型。

2. 中介效应结果

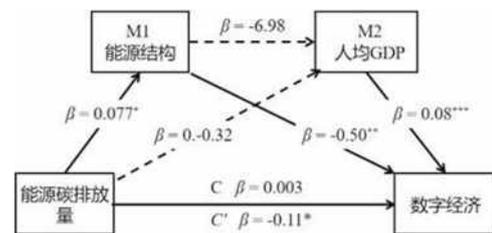


图1 能源碳排放量与数字经济中介模型图

以上结果说明，在能源碳排放量与数字经济的链式中介模型中，能源碳排放量可通过能源结构负向预测数字经济的发展。同时，人均GDP可正向预测数字经济的发展。这说明能源碳排放量的增加可能会通过能源结构的优化来预测数字经济的走势，同时说明能源碳排放量的减少可能会通过增加人均GDP从而正向预测数字经济的发展。

六、结论与建议

(一) 结论

能源结构、能源强度二者与能源碳排放量有正相关关系。煤炭消耗量越高，碳排放量越高。引起碳排放主要原因是煤炭等化石燃料的燃烧，由此可以体现出能源结构、能源强度这二者与能源碳排放量有着相互促进的关系。

城镇化率、人均国内生产总值两者与能源碳排放量

有者反向相关关系。城镇化建设的一个标志是产业结构化。城镇化与能源碳排放量呈现负相关关系。GDP的提高和生产效率相关,而政府对新研发、新设备和新技术进行投资才会使生产效率提高,如此一来,碳排放量就会降低。环境库兹涅茨曲线所呈现出的经济增长和碳排放之间的关系是一种倒U形状,依照中长期来看,伴随着技术效应和结构效应的改变和不断发展与壮大,碳排放量将会伴随着经济的增长而日渐降低。

(二) 建议

参考上述结论,以下将从人均GDP、能源结构角度提出促进四川省数字经济发展的几点建议:

(1) 加强四川民族地区基础设施建设,增加就业选择,提高人均GDP。

(2) 优化能源结构,继续加强清洁能源产业发展。

(3) 合理降低房价,缓解负债压力,相对提高人均

收入。

参考文献:

[1]关敏捷,袁艳红,冉木希,王子.基于STIRPAT模型的山西省能源碳排放影响因素及峰值预测[J].中国煤炭,2021,47(9):48-55.

[2]庞洪伟,彭兰兰.四川民族地区数字经济与实体经济深度融合路径研究[J].西昌学院学报(社会科学版),2022.

[3]陈智.推动新时代四川能源结构不断优化[N].四川省情,2022.

[4]马颖,邵长秀.基于LMDI的北上津区域能源消费碳排放影响因素分析及脱钩效应研究[J].甘肃科学学报,2022,34(01):124-132.

[5]赵浩然.我国GDP影响因素计量分析[N].经济观察,2021.