

引文格式: 张佰瑞, 胡明茜. 中国三大城市群数字经济与生态经济效率耦合协调的时空特征及影响因素研究[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2024, 18(4): 26–35. DOI: [10.12371/j.ynau\(s\).202404110](https://doi.org/10.12371/j.ynau(s).202404110)

# 中国三大城市群数字经济与生态经济效率耦合协调的时空特征及影响因素研究

张佰瑞<sup>1</sup>, 胡明茜<sup>2</sup>

(1. 北京市社会科学院 市情研究所, 北京 100101;

2. 重庆工商大学 成渝地区双城经济圈建设研究院, 重庆 400067)

**摘要:** 基于数字经济和生态经济效率的丰富内涵, 以京津冀、长三角以及珠三角三大城市群为研究对象, 综合运用熵权—TOPSIS 法、Super-SBM 模型以及耦合协调模型, 系统分析 2011—2021 年数字经济与生态经济效率耦合协调度的时空演变特征, 并结合面板 Tobit 模型探讨其影响因素。结果显示: (1) 三大城市群数字经济与生态经济效率耦合协调度表现出持续增长的良好态势, 协调度均值从高到低排序依次为: 珠三角>长三角>京津冀, 京津冀城市群以北京市为中心, 充分发挥“一核”的辐射作用, 长三角城市群呈现“以高值为中心, 连片发展”的特点, 珠三角城市群则表现出“中间高、两端低”的趋势。(2) 经济发展水平、金融发展水平对三大城市群耦合协调度具有显著的正向促进作用, 而对外开放程度、政府干预程度、科技水平以及产业结构水平对城市群耦合协调发展的影响具有明显的区域差异性。

**关键词:** 数字经济; 生态经济效率; 中国三大城市群; 耦合协调; 影响因素

中图分类号: F 062.2; F 127

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2024) 04-0026-10

## The Spatio-temporal Characteristics and Influencing Factors of Coupling Coordination Degree Between Digital Economy and Eco-economic Efficiency in the Three Major Urban Agglomerations of China

ZHANG Bairui<sup>1</sup>, HU Mingxi<sup>2</sup>

(1. Institute of Urban Condition, Beijing Academy of Social Sciences, Beijing 100101, China;

2. Institute for Chengdu-Chongqing Economic Zone Development, Chongqing

Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

**Abstract:** Based on the rich connotation of the efficiency of digital economy and ecological economy, this paper took the three major urban agglomerations of Beijing-Tianjin-Hebei, Yangtze River Delta and Pearl River Delta as the research objects, comprehensively applying entropy weight-TOPSIS method, Super-SBM model and coupling coordination model, systematically analyzing the spatial-temporal evolution characteristics of the coupling coordination degree of digital economy and ecological economy efficiency from 2011 to 2021. The influencing factors were discussed with panel Tobit model. The results showed that: (1) The coupling coordination degree of digital economy and eco-

收稿日期: 2024-04-22

修回日期: 2024-05-27

基金项目: 北京市社会科学院 2023 年重点项目“中国三大城市群生态经济效率比较研究”(KY2023A0005)。

作者简介: 张佰瑞(1975—), 男, 河南信阳人, 博士, 副研究员, 主要从事区域经济、区域规划与区域发展、行政区划与区域发展研究。



gical economy efficiency in the three major urban agglomerations showed a good trend of continuous growth, and the average coordination degree was ranked from high to low as follows: Pearl River Delta > Yangtze River Delta > Beijing-Tianjin-Hebei, among which the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration had always been centered on Beijing, giving full play to the radiation role of “one core”. The Yangtze River Delta urban agglomeration showed the characteristics of “high value as the center, continuous development”, while the Pearl River Delta urban agglomeration showed the trend of “high in the middle and low at both ends”. (2) The level of economic development and financial development had a significant positive promoting effect on the coupling coordination degree of the three major urban agglomerations, while the influence of the degree of opening to the outside world, the degree of government intervention, the level of science and technology and the level of industrial structure on the coupling and coordination development of urban agglomerations had obvious regional differences.

**Keywords:** digital economy; eco-economic efficiency; three major urban agglomerations in China; coupling coordination; influencing factor

2022年10月,习近平总书记在党的二十大报告中指出,以城市群、都市圈为依托构建大中小城市协调发展新格局。推进城市群、都市圈一体化建设,是构建“双循环”新发展格局的重要战略部署。近些年,以城市群为主要单位进行国土规划的区域发展战略快速推进,城市数量和规模持续增长,产业、劳动力等各类生产要素向优势空间聚集,形成以城市群为主要形态的增长动力源,带动我国经济总体效率提升。国家统计局数据显示,2023年,京津冀、长三角和珠三角城市群(简称“三大城市群”)地区生产总值之和高达50.45万亿元,约占全国总量的40%,已成为引领中国经济发展的核心增长极。数字经济作为全球经济最具活力和潜力的新经济形态,日益成为推动中国经济发展的新动能。然而,数字经济的快速发展也不可避免地带来了诸多挑战,特别是对资源和环境的压力。数字经济产业正在成为“碳排放大户”,ICT产业作为数字经济中创新最活跃的领域,其消耗的能源近似于一个国家消耗的能源总量,高能耗、高排放特性的数字经济产业模式对生态环境造成严重的负面影响。因此,在新时代的发展背景下,数字经济与生态经济双轨发展已成为中国未来发展的必然需求,二者之间的协同发展是未来城市群可持续发展的关键所在。基于此,本研究将从三大城市群出发,构建数字经济与生态经济效率的综合评价体系,利用熵权—TOPSIS法和超效率SBM模型测度数

字经济和生态经济发展水平,再结合耦合协调模型深入探讨两系统之间的耦合协调关系,并构建随机效应面板Tobit模型对耦合协调度的影响因素进行分析,以期为三大城市群实现数字经济和生态经济的可持续发展提供理论和实践启示。

## 一、文献综述

1996年,Don Tapscott在《数字经济时代》中首次提出数字经济<sup>[1]</sup>,但并未给出准确定义,两年后数字经济概念被纳入美国政府报告《新兴的数字经济》<sup>[2]</sup>,数字经济逐渐进入大众视野。中国对于数字经济的研究最早可以追溯到1998年,姜奇平提出信息技术对未来经济发展具有改变及推动作用<sup>[3]</sup>。学术界围绕着数字经济的定义、测度以及影响研究展开了广泛的讨论。李长江认为数字经济是主要以数字技术方式进行生产的经济形态,与其他技术存在强烈的互补性<sup>[4]</sup>。与传统经济发展模式不同,数字经济是以数据为生产要素、网络通信技术为核心驱动力以及网络为载体的数字化新型经济形态,利用信息技术来推动效率提升和经济结构优化<sup>[5]</sup>。学界关于数字经济的测度一般分为直接法和对比法两种<sup>[6]</sup>,目前多聚焦于对比法<sup>[7-9]</sup>,通过构建多维度的综合指标体系,考察不同地区的数字经济发展情况。在测度的基础上,一些学者对数字经济的影响因素进行分析,主要集中在经济高质量发展<sup>[10]</sup>、乡村振兴<sup>[11]</sup>和产业结构升级<sup>[12]</sup>等方面。

“生态经济效率”一词最早由 Schaltegger 等在 1990 年提出，其基本思想是以较小的资源消耗与环境污染获得较大的经济效益<sup>[13]</sup>。国内关于生态经济效率的研究起步较晚，对其研究主要集中在两个方面：一是生态经济效率的测度方法，主要有比值法<sup>[14]</sup>、指标体系法<sup>[15]</sup>、数据包络分析法(DEA)<sup>[16]</sup>以及随机前沿分析法(SFA)<sup>[17]</sup>等。二是生态经济效率的影响因素，谢波等人认为环境规制对生态效率存在抑制作用，环境污染治理投资对经济发展产生了挤出效应<sup>[18]</sup>；蔡玉蓉等人提出产业结构升级有利于提高区域的生态效率，是实现环境友好的重要保证<sup>[19]</sup>；杨柳青青等人基于地级市数据研究发现，不同人口规模下的人口密度与生态效率之间存在双重门槛效应<sup>[20]</sup>。

学界关于数字经济与生态经济效率的研究较少，且大多关注数字经济对绿色经济的影响，未深入讨论两者之间的关系。邓荣荣等人研究发现中国城市发展对环境污染排放有抑制作用，为绿色经济的发展提供了强有力的支撑<sup>[21]</sup>。刘强等人实证分析发现数字经济有助于绿色经济效率的提升，且存在区域异质性<sup>[22]</sup>。钱立华等人从两者关系入手，通过定性研究发现绿色经济与数字经济之间存在协同效应，一方面，数字经济有助于促进全球经济的绿色转型，另一方面，绿色经济也有利于数字经济实现绿色、低碳、可持续发展<sup>[23]</sup>。

梳理文献发现，目前关于数字经济、生态经济效率的研究极大地提高了人们对数字化发展与生态环境之间的联系与理解，但仍存在一些不足之处：(1)在研究尺度上，大多基于全国或者省域视角，以城市群为基础，特别是针对多个城市群空间异质性的研究相对不足；(2)在研究内容上，现有研究多聚焦在数字经济或生态经济的单向效应，缺乏对两者之间耦合协调发展空间分布特征及影响因素等方向的研究；(3)在研究方法上，对于两者关系的分析大多以定性评价分析为主，定量分析相对匮乏，评价结果的科学性有待提高。

## 二、机理分析

数字经济与生态经济效率之间存在着多重关联的彼此促进、互相制约关系，必须先满足两系统间要素的相互匹配，从无序转为有序状态，才能实现两者的协同发展。一方面，数字经济是传

统产业实现绿色转型的催化剂和领航者，引领生态效率提升。在结构优化方面，随着网络与数字技术的推进，地理和行业壁垒被打破，信息获取和处理的成本大幅下降，企业能够更加精准地了解市场需求和资源分布，从而优化生产要素的配置，推动传统产业的升级改造，促使产业结构向更高附加值、更低能耗的方向转变。在效率提升方面，数字技术的应用使得生产流程自动化水平显著提高，并借助大数据分析和人工智能的决策支持系统，改变传统的消费和生产方法，降低人工操作的失误率和信息处理的时间成本，确保生产过程高效率推进，带动社会向可持续性转变。另一方面，生态经济效率的发展为数字经济提供了实现其内在可持续性的机遇和挑战，促使数字行业在增长的同时采取环境友好的运营模式，减少生态足迹。在经济绿色转型的背景下，发展观念和发展模式发生了根本性的变化，这种转变不仅催生了新的经济形态和业态，还反过来促使数字经济加快发展。随着绿色发展理念的深入推进，企业不再单纯追求产品和服务的最低价格，而是开始重视产品和服务的综合价值，特别是对环境的影响和可持续性发展。将环境可持续性纳入核心战略，并投资于绿色技术的研发和应用，从降低成本、激发创新到提升竞争力，为数字经济的持续增长和演进提供强有力的支撑。综上所述，数字经济和生态经济效率的融合是实现可持续发展的重要途径，两者互相影响、互相作用，有助于实现经济发展和环境保护的双赢。

## 三、研究方法与指标选取

### (一) 模型设定

#### 1. 熵权—TOPSIS 法

借鉴相关研究经验<sup>[24]</sup>，采用熵权—TOPSIS 法测度城市群数字经济发展综合水平，通过熵权法计算三大城市群数字经济各指标所占权重，再利用 TOPSIS 法对城市群内部城市数字经济发展水平进行量化排序。

#### 2. Super-SBM 模型

为弥补普通数据包络模型存在的问题，允许测算得到的 DMU 效率值超过 1，本文借鉴张伯瑞等<sup>[25]</sup>的方法，将非期望产出引入 Super-SBM 模型，将每个城市视为一个 DMU(共计 48 个)，测度 2011—2021 年中国三大城市群生态经济效

率值。

### 3. 耦合协调模型

本文主要涉及数字经济、生态经济效率两个系统, 得到耦合度函数如下:

$$C = 2 \times \frac{\sqrt{U_1 \times U_2}}{U_1 + U_2} \quad (1)$$

考虑到耦合度仅能反映数字经济和生态经济效率的相互作用程度, 若二者数值较低且相近时, 容易出现伪协调的结果。因而进一步引入耦合协调模型, 以反映系统间的协调水平, 其计算公式为:

$$\begin{aligned} T &= \alpha \times U_1 + \beta \times U_2 \\ D &= \sqrt{C \times T} \end{aligned} \quad (2)$$

式(1)(2)中,  $C$  为协调度,  $U_1$ 、 $U_2$  分别为计算所得的数字经济和生态经济效率综合得分,  $T$  为综合评价指数,  $D$  为数字经济和生态经济效率耦合协调度,  $\alpha$ 、 $\beta$  为子系统的权重。在经济高质量发展过程中, 数字经济和生态经济效率同等重要, 生态保护不容忽视, 故  $\alpha$  和  $\beta$  的取值均设为 0.5。 $D \in [0,1]$ , 耦合协调度越趋近于 1, 则表明数字经济和生态经济效率之间关系越协调。

### (二) 变量说明

#### 1. 数字经济发展水平的测度

目前, 关于数字经济的研究多聚焦在全国和省级层面, 针对地级市的研究甚少, 而数字经济具有超高的渗透性与传播性, 能够跨越时间与空间, 突破行政区域的限制, 促进经济在区域间的聚合与流动。鉴于此, 本文根据已有研究, 从数字基础设施、数字产业发展、数字创新发展以及

数字普惠金融 4 个维度入手, 选取 12 个具体指标构建数字经济发展水平的评价指标体系, 如表 1 所示。

### 2. 生态经济效率水平的测度

本文在借鉴现有文献的基础上, 综合考虑数据的可获得性和连贯性, 从投入、期望产出和非期望产出 3 个维度入手, 选取 7 个具体指标构建生态经济效率发展水平的评价指标体系, 具体测算指标如表 2 所示。

### (三) 研究范围与数据来源

本文以京津冀城市群、长三角城市群以及珠三角城市群共 48 个城市作为空间尺度研究对象。研究数据来源于 2011—2021 年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》以及各省份统计年鉴、北大数字金融普惠中心发布的数字普惠金融指数, 部分缺失值使用插值法进行了补充。

## 四、耦合协调度发展特征分析

运用熵权—TOPSIS 法、非期望产出的超效率 SBM 模型计算得到 2011—2021 年三大城市群数字经济、生态经济效率的综合评价指数, 结果如表 3 所示。为系统分析三大城市群数字经济与生态经济效率之间的耦合关系, 本文采用耦合协调度模型对两系统的耦合协调度进行测算, 结果如图 1 所示。借鉴朱媛媛等<sup>[26]</sup>的研究成果, 通过等间距分隔法将耦合协调度划分为 5 个等级, 将低于 0.2 定义为严重失调, 0.2~0.4 为濒临失调, 0.4~0.6 为初级协调, 0.6~0.8 为中级协调, 0.8~1 为高级协调。

表 1 数字经济发展水平指标体系

| 目标层  | 一级指标   | 二级指标      | 指标说明                           |
|------|--------|-----------|--------------------------------|
| 数字经济 | 数字基础设施 | 互联网普及率    | 每百人国际互联网用户数/户                  |
|      |        | 移动电话普及率   | 每百人移动电话年末用户数/户                 |
|      |        | 互联网宽带接入端口 | 互联网宽带接入端口数/万个                  |
|      | 数字产业发展 | 电信产业基础    | 电信业务总量/万元                      |
|      |        | 邮政产业基础    | 邮政业务总量/万元                      |
|      | 数字创新发展 | 信息产业基础    | 信息传输、计算机服务和软件业从业人员数占年末从业人数比率/% |
|      | 数字普惠金融 | 财政支持      | 教育财政支出占一般预算财政支出比率/%            |
|      |        | 科研支持      | R&D经费内部支出/万元                   |
|      |        | 人才支持      | 普通高等学校在校学生数/万人                 |
|      | 数字普惠金融 | 覆盖广度      | 数字金融覆盖广度                       |
|      |        | 使用深度      | 数字金融使用深度                       |
|      |        | 数字化程度     | 普惠金融数字化程度                      |

表2 生态经济效率水平指标体系

| 一级指标  | 二级指标  | 指标说明  |
|-------|-------|---|
| 投入变量  | 资本投入  | 2011年基期固定资本存量/万元                                    |
|       | 劳动力投入 | 全市年末单位从业人员数/万人                                      |
|       | 能源投入  | 地级市能源消耗/t标准煤  |
|       | 土地投入  | 建成区面积/km <sup>2</sup>                               |
| 期望产出  | 经济产出  | 地方财政一般预算内收入/万元<br>GDP2011年基期平减/万元                   |
| 非期望产出 | 环境负产出 | 采用熵值法拟合工业废水排放量、工业烟(粉)尘排放量、工业二氧化硫排放量污染指标作为“环境综合排放指数” |

### (一) 整体特征

整体来看,珠三角城市群耦合协调水平最高,其次为长三角城市群,京津冀城市群最低,2011—2021年数字经济与生态经济效率耦合协调发展整体呈现上升态势。分区域看,长三角城市群增幅最为明显,均值由0.462上升至0.601,增幅高达30.15%,耦合协调类型从初级协调逐渐达到中级协调;根据表3数据可知,长三角城市群生态经济效率长期处于高值,生态环境条件优越,为该区域数字经济快速发展奠定坚实基础,两系统之间互动与协调能力日益加强。京津冀城市群紧随其后,增幅超过28%,耦合协调度保持在初级协调状态,由于内部生态环境问题的爆发,在一定程度上制约了该区域的协调发展。珠三角城市群增速最慢,增幅约为18.27%,从初级协调阶段升为中级协调阶段,虽然有着最高的数字经济发展水平,但由于近几年生态经济效率发展较差,使得两系统相互促进作用未得到显著体现。

### (二) 地区特征

为进一步分析三大城市群数字经济与生态经

济效率耦合协调的空间分异特征,本文选取2011年、2016年以及2021年的耦合协调度,并按照前述的等级进行空间可视化,采用ArcMap10.8软件分别绘制京津冀、长三角和珠三角城市群耦合协调度的空间格局分布图,详见图2~图4。

#### 1. 京津冀城市群

2011年,京津冀城市群13个城市中未达到初级及以上协调的城市超过半数,濒临失调的城市占比比较大。2016年,整个城市群迈入协调阶段,将近85%的城市处于初级协调状态。2021年,仅天津市与衡水市等级发生变化。从具体数值来看,天津市增幅最低,为4.48%,协调度呈现“先增后减”的态势,而衡水市增幅位列首位,增速高达61.4%。长久以来,天津市利用其港口优势重点发展了钢铁、石化等高耗能高污染重工业产业,产业结构偏重、能源结构偏煤特征较为突出。2017年,环境保护部下发《京津冀及周边地区2017年大气污染防治工作方案》,加大对于钢铁等重工业的限产力度,传统产业转型进入深水期,天津市由于技术更新速度与现有人才

表3 三大城市群数字经济与生态经济效率水平

| 年份    | 京津冀   |        | 长三角   |        | 珠三角   |        |
|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|       | 数字经济  | 生态经济效率 | 数字经济  | 生态经济效率 | 数字经济  | 生态经济效率 |
| 2011年 | 0.069 | 0.625  | 0.062 | 0.913  | 0.112 | 0.915  |
| 2012年 | 0.078 | 0.678  | 0.074 | 0.927  | 0.127 | 0.913  |
| 2013年 | 0.088 | 0.782  | 0.084 | 0.919  | 0.137 | 0.809  |
| 2014年 | 0.089 | 0.742  | 0.086 | 0.934  | 0.145 | 0.870  |
| 2015年 | 0.103 | 0.716  | 0.096 | 0.939  | 0.145 | 0.777  |
| 2016年 | 0.117 | 0.690  | 0.109 | 0.954  | 0.162 | 0.735  |
| 2017年 | 0.129 | 0.706  | 0.115 | 0.859  | 0.166 | 0.725  |
| 2018年 | 0.125 | 0.670  | 0.119 | 0.885  | 0.176 | 0.720  |
| 2019年 | 0.132 | 0.651  | 0.135 | 0.890  | 0.185 | 0.789  |
| 2020年 | 0.141 | 0.701  | 0.138 | 0.906  | 0.191 | 0.796  |
| 2021年 | 0.155 | 0.750  | 0.155 | 0.939  | 0.232 | 0.826  |

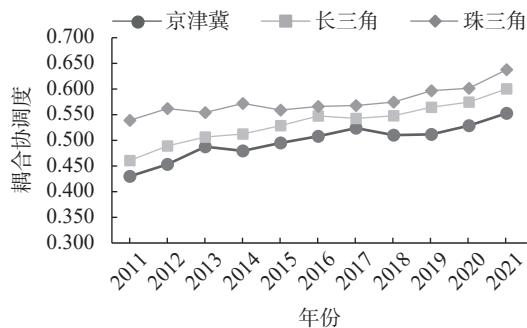


图1 三大城市群数字经济与生态经济效率的耦合协调度变化趋势

储备之间不匹配,导致短期内企业难以适应新环境,生态效率值大幅下降,数字经济与生态经济效率发展不平衡现象逐渐凸显,协调发展出现倒退。近几年,衡水市扎实推动传统产业转型升级,坚持高端化、智能化、绿色化发展方向,构建数字化生态体系,加快推进经济社会高质量发展,两系统呈现持续增强的态势。总体来看,京津冀城市群始终以北京市为中心,坚定不移疏解非首都功能,充分发挥“一核”的辐射作用,将北京科技创新优势与天津先进制造研发优势、河北环京地缘优势相结合,拓展合作广度和深度,共同推动数字经济与绿色经济协同发展。

## 2. 长三角城市群

2011年,长三角城市群处于濒临失调等级的城市占比约为四分之一,65%的城市处于初级协调阶段,区域间差异显著。2016年,全部城市进入初级及以上协调阶段,中级协调城市数量扩大,绿色经济和数字经济协同融合发展态势良好。2021年,中高级协调城市进一步扩大,前期打下坚实的数字和生态建设基础,为后期数字化绿色化协同发展提供强大动力。从变化幅度来看,增速超过50%的城市只有芜湖和铜陵两市,毗邻安徽省会城市合肥,也是安徽省最早进入中级协调等级的城市,凭借着优越的地理位置,努力承接并放大省会经济、社会、文化等“溢出效应”,形成错位联动、分工协作、优势互补、资源共享的区域新格局,数字经济与绿色经济协同发展保持稳定上升趋势。总体上,长三角城市群耦合协调呈现“以高值为中心,连片发展”的特点,高值通常聚集在省会城市,逐步向四周扩散,具有明显的空间差异性。

## 3. 珠三角城市群

2011年,江门市和惠州市处于失调阶段,分

布在珠三角城市群左右两端,距离中心城市最远,城市群中部的城市均处于协调状态。2016年,珠三角9座城市均进入协调状态,其中深圳市率先升为高级协调阶段。2021年,省会城市广州也步入高级协调阶段,此时数字经济与生态经济发展较为统一、和谐。珠海市作为珠三角城市群耦合协调度增速最快的城市,凭借其优越的地理条件、良好的生态基础,整合大湾区内的产业资源、创新资源和资金资源,通过数字化平台助力我国建设形成“双循环”格局。从空间布局来看,珠三角城市群耦合协调呈现出“中间高、两端低”的趋势,广州、深圳、珠海三市形成三角中心逐步向外发散,在数字经济高速发展的同时,注重产业绿色发展,加快传统产业和中小企业向数字化、绿色化转型,使得珠三角城市群耦合协调度位列三大城市群之首。

## 五、耦合协调度影响因素分析

### (一) 变量选取与模型设定

数字经济与生态经济效率的耦合协调具有动态性和复杂性,是由多种因素共同推动的综合结果,因而有必要进一步探究影响其协调度的具体影响因素。由于数字经济与生态经济效率耦合协调度取值范围在0~1之间,存在着被切割的特点,对于面板数据而言,一般的混合效应模型将使结果失真,而固定效应Tobit模型通常也难以得到无偏估计量<sup>[27]</sup>。因此,本文引入随机效应的面板Tobit模型对中国三大城市群数字经济与生态经济效率协调度的影响因素进行回归分析。

本文将耦合协调模型测算得到的耦合协调值作为被解释变量,并结合以往研究成果和实际情况,将经济发展水平、对外开放程度、政府干预程度、科技水平、产业结构水平以及金融发展水平6个变量确定为与耦合协调度有密切关系的影响因素,具体见表4。

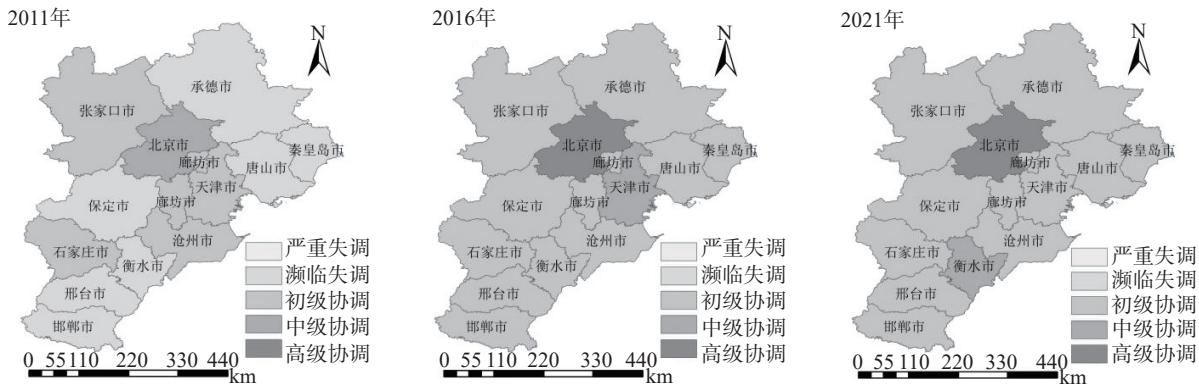
模型设定如下:

$$D_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 pgdp_{it} + \beta_2 open_{it} + \beta_3 gov_{it} + \beta_4 tec_{it} + \beta_5 ind_{it} + \beta_6 fin_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式(3)中,  $D_{it}$ 为数字经济与生态经济效率耦合协调发展水平,  $\alpha_{it}$ 为常数项,  $\varepsilon_{it}$ 为随机扰动项。

### (二) 结果分析

采用stata17.0软件进行Tobit回归分析,结



注：本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2023)2763 的标准地图绘制，底图无修改。图 3、图 4 同。

图 2 京津冀城市群耦合协调度空间分布图

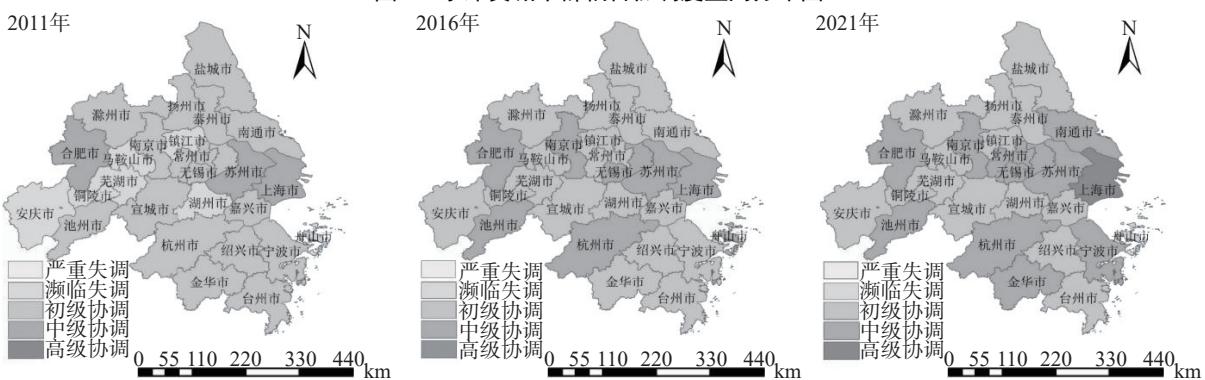


图 3 长三角城市群耦合协调度空间分布图

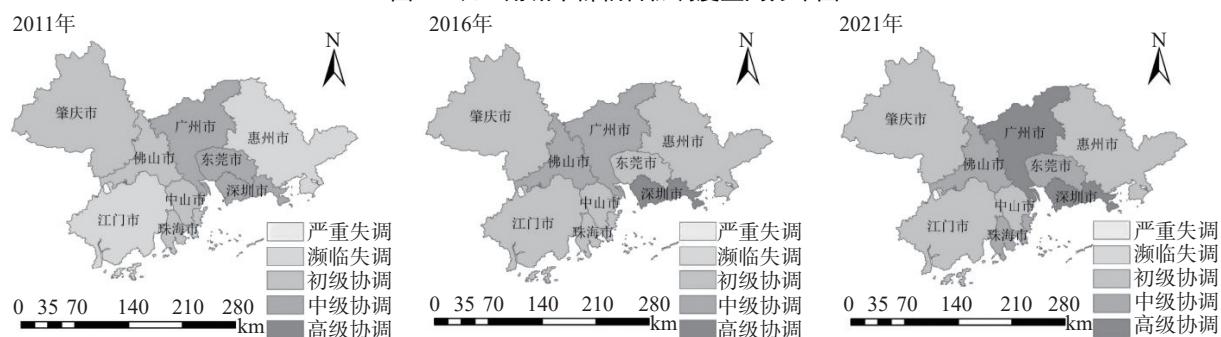


图 4 珠三角城市群耦合协调度空间分布图

表 4 耦合协调度影响因素

|       | 变量名称   | 变量符号   | 变量说明                 | 单位 |
|-------|--------|--------|----------------------|----|
| 被解释变量 | 耦合协调度  | $D$    | 耦合协调度模型计算结果          | —  |
| 解释变量  | 经济发展水平 | $pgdp$ | 人均GDP                | 元  |
|       | 对外开放程度 | $open$ | 当年实际使用外资金额占地区生产总值的比率 | %  |
|       | 政府干预程度 | $gov$  | 地方财政一般预算内支出占地区生产总值比率 | %  |
|       | 科技水平   | $tec$  | 科学支出占地方财政一般预算内支出比率   | %  |
|       | 产业结构水平 | $ind$  | 第三产业增加值占地区生产总值比率     | %  |
|       | 金融发展水平 | $fin$  | 年末机构存款总额占地区生产总值比率    | %  |

果显示似然比检验(LR)均通过 1% 显著性水平测试，即随机效应面板模型优于混合模型。故本文选择随机效应面板模型进行分析，回归结果见

表 5。回归结果显示，三大城市群耦合协调水平的影响因素有着较为明显的差异，下面将对影响因素进行逐个分析。

**表5 三大城市群数字经济与生态经济效率耦合协调影响因素回归结果**

| 变量             | 京津冀                 | 长三角                 | 珠三角                 |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <i>pgdp</i>    | 0.013***<br>(0.002) | 0.010***<br>(0.001) | 0.012***<br>(0.004) |
| <i>open</i>    | 0.836***<br>(0.241) | 0.021<br>(0.211)    | -0.139<br>(0.339)   |
| <i>gov</i>     | -0.147<br>(0.125)   | 0.275***<br>(0.101) | -0.669**<br>(0.324) |
| <i>tec</i>     | 2.060***<br>(0.703) | -0.314*<br>(0.166)  | -0.122<br>(0.344)   |
| <i>ind</i>     | 0.162*<br>(0.086)   | 0.350***<br>(0.055) | 0.074<br>(0.167)    |
| <i>fin</i>     | 0.020**<br>(0.008)  | 0.017**<br>(0.007)  | 0.032***<br>(0.012) |
| Constant       | 0.264***<br>(0.022) | 0.211***<br>(0.024) | 0.416***<br>(0.070) |
| Log likelihood | 293.895             | 570.402             | 162.107             |
| N              | 143                 | 286                 | 99                  |

注: \*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著, 括号内为标准差, 表6同。

### 1. 经济发展水平

对三大城市群耦合协调度均在1%水平上显著为正。这说明经济实力的提升为三大城市群数字经济与生态经济发展提供了坚实的物质基础, 有助于数字化与绿色化的协同发展。

### 2. 对外开放程度

对京津冀城市群具有显著的正向效应, 对长三角和珠三角城市群无显著影响。一方面, 地方政府通过吸收外资引进国际数字化的企业和项目, 推动本地数字经济产业的发展, 扩大市场规模和影响力。与此同时, 促进国际市场和资源接轨, 拓展企业的进出口渠道, 为数字经济产业注入活力和动力, 实现传统产业的转型和升级。另一方面, 高水平的对外开放意味着将加强对高新技术、低碳行业的引进, 减少对高能耗、高污染企业的引进, 通过生态型技术创新溢出效应, 降低对于环境的污染, 促进循环经济和社会可持续发展。努力推动高水平对外开放, 促进新兴技术与绿色低碳产业深度融合, 将有利于促进数字经济与循环经济协调度进一步提升。

### 3. 政府干预程度

对长三角显著为正, 而对珠三角显著为负, 对京津冀无显著影响。在地区数字经济发展水平较低时, 政府投入的增加对协调发展有着显著的促进的作用, 有利于缩小地区发展差距。但随着时间的推移, 地区发展超过一定水平, 政府的过分干预反而会给企业带来挤出效

应, 抑制高技术产业创新, 对耦合协调度产生负面影响。

### 4. 科技水平

对京津冀地区有显著的正向效应, 对长三角具有负向效应, 对珠三角不存在显著影响。一般而言, 科技水平的提高有助于工业技术装备水平的提升, 聚焦高端化、智能化和绿色化, 助推数字经济与生态经济效率协调发展。而长三角城市群系数为负, 是因为将科技的创新侧重点放在经济增长上, 而忽视了经济、资源与环境的协调发展, 科技水平提升带来的环境负效应超过其带来的经济正效应, 阻碍了两系统的协同发展<sup>[28]</sup>。

### 5. 产业结构水平

对京津冀和长三角城市群具有显著的正向效应, 对珠三角不存在显著的影响。产业结构的优化是通过对科技、资本、劳动力等资源要素的高效配置和整合, 形成合理的产业布局和产业链条, 推动传统产业向数字化、智能化和绿色化方向转型升级, 以实现经济发展的可持续性和高质量增长。京津冀城市群始终坚持产业转移与联动升级相结合, 人才及科技资源优势显著, 在发展

“高精尖”高端产业的同时, 又向河北转移非主导产业, 把地区间发展落差的势能变成协同发展的动能。近几年, 长三角城市群第三产业高速发展, 产值跃居三大产业首位, 第二产业实力依旧雄厚, 转型升级速度加快, 三省一市凭借各自的产业优势, 加强产业协同能力, 促进数字经济和生态经济互补互联, 在数字化与绿色化方向上实现协同发展。

### 6. 金融发展水平

对各城市群耦合协调度有显著的正向影响。金融作为数字经济、生态经济的重要参与者, 以及实体经济和资本市场的连接者, 在推进自身数字化转型的同时, 不断畅通数字产业、绿色产业融资渠道, 为数字经济发展、生态环境修复引入更多金融“活水”。

### (三) 稳健性检验

本文采用替换变量的方法检验上述回归结果的稳健性, 借鉴部分学者<sup>[29]</sup>采用的第三产业增加值占第二产业增加值的比率来表示产业结构高级化水平, 用该指标替换原有的产业结构水平, 其他变量不变。根据表6可知, 上述结论依然成立, 三大城市群各影响因素的系数方向和显著性

表 6 稳健性检验

| 变量             | 京津冀                 | 长三角                 | 珠三角                 |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <i>pgdp</i>    | 0.017***<br>(0.003) | 0.010***<br>(0.001) | 0.012***<br>(0.004) |
| <i>open</i>    | 0.755***<br>(0.241) | 0.065<br>(0.213)    | -0.155<br>(0.338)   |
| <i>gov</i>     | -0.056<br>(0.123)   | 0.196*<br>(0.103)   | -0.661**<br>(0.315) |
| <i>tec</i>     | 2.531***<br>(0.700) | -0.183<br>(0.164)   | -0.160<br>(0.332)   |
| <i>ind</i>     | -0.020<br>(0.014)   | 0.068***<br>(0.012) | 0.029<br>(0.028)    |
| <i>fin</i>     | 0.037***<br>(0.008) | 0.022***<br>(0.006) | 0.030**<br>(0.012)  |
| Constant       | 0.273***<br>(0.021) | 0.290***<br>(0.022) | 0.430***<br>(0.042) |
| Log likelihood | 293.152             | 565.713             | 162.542             |
| N              | 143                 | 286                 | 99                  |

均未出现实质性改变，证明了随机效应 Tobit 模型的结论具有一定的稳健性。

## 六、研究结论与政策建议

### (一) 研究结论

(1) 从耦合协调情况来看，三大城市群耦合协调关系不断改善，2011—2021年，耦合协调度均值由大到小依次为：珠三角>长三角>京津冀，各城市群之间差异逐步缩小。从空间演变来看，京津冀城市群始终以北京市为中心，充分发挥“一核”的辐射作用，与天津、河北两地协同发展；长三角城市群呈现“以高值为中心，连片发展”的特点，高值聚集在省会城市，逐步向四周扩散，具有明显的空间差异性；珠三角城市群呈现出“中间高、两端低”的趋势，以广州、深圳、珠海三市为三角中心逐步向外发散。

(2) 从影响因素来看，经济发展水平、金融发展水平对三大城市群耦合协调度均存在显著的正向影响，而对外开放程度、政府干预程度、科技水平和产业结构水平对各城市群耦合协调发展的影响具有差异性。

### (二) 政策建议

(1) 深入贯彻绿色发展理念，推动数字经济高质量发展。政府应继续完善生态经济发展的政策体系，确保各项政策措施的连贯性和有效性，加强与数字经济政策之间的协同性，确保数字化发展的同时，充分考虑环保和资源节约的原则，避免盲目追求增长而忽视环境影响。

(2) 注重数字经济与生态经济效率协同发展

平衡性，缩小区域间差异。一是政府应根据不同城市的发展水平和特点，制定相应的支持政策。二是建立城市间的合作机制，促进资源共享和数字技术绿色技术交流，加强城市间的沟通与合作，共同解决发展过程中出现的问题。三是根据各城市群的资源禀赋和产业基础，鼓励发展循环经济和绿色产业，优化产业布局，避免重复建设和无序竞争。

(3) 全面把握数字经济与生态经济效率协同发展规律，采取差异化策略。根据协调度影响因素的分析，因地制宜地出台有关金融、科技、基础设施建设等有助于促进数字经济与生态经济协同发展的政策，发挥好政策叠加效应。

### [参考文献]

- [1] TAPSCOTT D. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence[M]. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [2] 数字中国研究院. 新兴的数字经济: 美国国家商务部最新年度报告[M]. 沈志斌, 郭志强, 译, 北京: 中国友谊出版公司, 1999: 10.
- [3] 美国商务部报告. 浮现中的数字经济[M]. 姜奇平, 等译. 北京: 中国人民大学出版社, 1998.
- [4] 李长江. 关于数字经济内涵的初步探讨[J]. 电子政务, 2017(9): 84. DOI: [10.16582/j.cnki.dzzw.2017.09.009](https://doi.org/10.16582/j.cnki.dzzw.2017.09.009).
- [5] 童峰, 张革. 中国发展数字经济的内涵特征、独特优势及路径依赖[J]. 科技管理研究, 2020, 40(2): 262. DOI: [10.3969/j.issn.1000-7695.2020.2.034](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7695.2020.2.034).
- [6] 徐清源, 单志广, 马潮江. 国内外数字经济测度指标体系研究综述[J]. 调研世界, 2018(11): 52. DOI: [10.13778/j.cnki.11-3705/c.2018.11.008](https://doi.org/10.13778/j.cnki.11-3705/c.2018.11.008).
- [7] 徐维祥, 周建平, 刘程军. 数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J]. 地理研究, 2022, 41(1): 111. DOI: [10.11821/dlyj020210459](https://doi.org/10.11821/dlyj020210459).
- [8] 万晓榆, 罗焱卿. 数字经济发展水平测度及其对全要素生产率的影响效应[J]. 改革, 2022(1): 101.
- [9] 李英杰, 韩平. 中国数字经济发展综合评价与预测[J]. 统计与决策, 2022, 38(2): 90. DOI: [10.13546/j.cnki.tjjyc.2022.02.018](https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjjyc.2022.02.018).
- [10] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65. DOI: [10.19744/j.cnki.11-1235/f.2020.0154](https://doi.org/10.19744/j.cnki.11-1235/f.2020.0154).
- [11] 张蕴萍, 栾菁. 数字经济赋能乡村振兴: 理论机制、制约因素与推进路径[J]. 改革, 2022(5): 79.
- [12] 刘翠花. 数字经济对产业结构升级和创业增长的影响[J]. 中国人口科学, 2022(2): 112.

- [13] SCHALTEGGER S, STURM A. Ökologische rationalität: Ansatzpunkte zur ausgestaltung von ökologieorientierten management instrumenten[J]. die Unternehmung, 1990, 44(4): 273.
- [14] 刘军, 闻鼎, 童昀, 等. 基于碳排放核算的中国区域旅游业生态效率测度及比较研究[J]. 生态学报, 2019, 39(6): 1979. DOI: [10.5846/stxb201712212290](https://doi.org/10.5846/stxb201712212290).
- [15] 顾程亮, 李宗尧, 成祥东. 财政节能环保投入对区域生态效率影响的实证检验[J]. 统计与决策, 2016(19): 109. DOI: [10.13546/j.cnki.tjyjc.2016.19.030](https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyjc.2016.19.030).
- [16] 于伟, 张鹏, 姬志恒. 中国城市群生态效率的区域差异、分布动态和收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(1): 23. DOI: [10.13653/j.cnki.jqte.2021.01.002](https://doi.org/10.13653/j.cnki.jqte.2021.01.002).
- [17] 杨勇, 邓祥征. 中国城市生态效率时空演变及影响因素的区域差异[J]. 地理科学, 2019, 39(7): 1111. DOI: [10.13249/j.cnki.sgs.2019.07.009](https://doi.org/10.13249/j.cnki.sgs.2019.07.009).
- [18] 谢波, 单灿阳, 张成浩. 科技创新、环境规制对区域生态效率的影响研究[J]. 生态经济, 2018, 34(4): 86.
- [19] 蔡玉蓉, 汪慧玲. 产业结构升级对区域生态效率影响的实证[J]. 统计与决策, 2020, 36(1): 110. DOI: [10.13546/j.cnki.tjyjc.2020.01.024](https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyjc.2020.01.024).
- [20] 杨柳青青, 刘章生, 张麒. 中国城市人口集聚对城市生态效率的门槛效应研究[J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 2019, 40(11): 153.
- [21] 邓荣荣, 张翱祥. 中国城市发展对环境污染的影响及机理研究[J]. 南方经济, 2022(2): 18. DOI: [10.19592/j.cnki.scje.390724](https://doi.org/10.19592/j.cnki.scje.390724).
- [22] 刘强, 马彦瑞, 徐生霞. 数字经济发展是否提高了中国绿色经济效率?[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(3): 72. DOI: [10.12062/cpre.20211111](https://doi.org/10.12062/cpre.20211111).
- [23] 钱立华, 方琦, 鲁政委. 刺激政策中的绿色经济与数字经济协同性研究[J]. 西南金融, 2020(12): 3.
- [24] 葛和平, 吴福象. 数字经济赋能经济高质量发展: 理论机制与经验证据[J]. 南京社会科学, 2021(1): 24. DOI: [10.15937/j.cnki.issn1001-8263.2021.01.003](https://doi.org/10.15937/j.cnki.issn1001-8263.2021.01.003).
- [25] 张佰瑞, 胡明茜. 中国三大城市群生态效率的时空演变及收敛性分析[J]. 生态经济, 2024, 40(3): 83.
- [26] 朱媛媛, 周笑琦, 顾江, 等. 长江中游城市群“文—旅”产业融合发展的空间效应及驱动机制研究[J]. 地理科学进展, 2022, 41(5): 785. DOI: [10.18306/j.issn.1007-6301.2022.5.dlkxjz202205004](https://doi.org/10.18306/j.issn.1007-6301.2022.5.dlkxjz202205004).
- [27] 陈强. 高级计量经济学及stata应用(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [28] 韩燕, 邓美玲. 中原城市群生态效率时空演变及影响因素[J]. 生态学报, 2020, 40(14): 4774.
- [29] 邹璇, 雷璨, 胡春. 环境分权与区域绿色发展[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(6): 97. DOI: [10.12062/cpre.20190116](https://doi.org/10.12062/cpre.20190116).