

经济集聚对绿色经济效率的影响

林小希¹

【摘要】经济集聚是指经济活动在某一地理区域内相对集中的现象。绿色经济效率是在现有全要素生产率分析框架下，将能源消耗纳入投入变量并考虑环境污染作为非期望产出测算出的社会经济运行效率。在现有经济集聚对经济增长的研究基础上，重点研究能源消耗和环境污染的负面效应与经济增长脱钩后经济集聚对低污染、高能效的绿色经济效率的影响，完善了经济集聚对绿色经济的影响研究。文章构建了在经济集聚的不同阶段通过规模效应、技术效应、产品产业结构效应和政策环境效应对绿色经济效率的影响存在“U”型曲线关系的理论分析框架。采用2004—2017年中国29个省级行政区（省、自治区、直辖市）的面板数据进行空间计量实证检验。结果表明，经济集聚和绿色经济效率之间呈现出“先降低-后升高”的“U”型曲线关系，并通过工具变量对内生性问题做了进一步处理，体现了模型良好的稳定性。

【关键词】经济集聚 绿色经济效率 空间效应 工具变量法

【中图分类号】:F061.5 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1000-8306(2021)05-0089-14

一、引言与文献回顾

经济集聚是经济活动在某一地理区域内相对集中的现象。经济集聚能够带来经济增长在过去一段时期内已被证实，但经济集聚同样可能带来能源枯竭和环境污染的问题也越来越引起人们的关注。近年来，中国经济已由粗放型高速增长开始转变为集约型高质量增长，人们在享受经济高速增长带来的生活水平提高的同时越来越关注绿色生态环境。“十四五”规划中特别提出推动绿色发展，促进人与自然共生，让绿色成为高质量发展的底色。因此，经济高质量发展和完成碳达峰和碳中和目标的关键，就是提高包含碳排放强度的绿色经济效率，而是否能通过加大经济集聚程度使绿色经济效率的提高是需要思考的问题。

（一）经济集聚与节能减排

当经济集聚水平达到一定门槛之后，能源强度可能成为经济集聚影响污染排放的中介变量，^[1]且不存在过度集聚现象。^[2]一方面，经济集聚强化外商直接投资对节能减排技术的增进效应。^[3]另一方面，经济集聚对节能减排也具有负外部性，“拥堵效应”会造成大城市病以及生产规模过分扩张，工业集聚显著提高了污染的排放量，^[4]同时生产性服务业集聚的减排边际效应递减。^[5]人口和经济集聚和能源效率之间可能存在非线性关系，外部不经济现象普遍存在。只有当达到集聚的阈值水平时，外部经济才会发挥作用、促进能源效率提高。^[6]

（二）经济集聚与绿色经济效率

关于经济集聚对绿色经济效率影响方面的研究并不在少数，但并未形成统一的结论。

第一种结论认为，经济集聚对绿色经济效率提升具有一定的促进作用。制造业集聚能够推动绿色技术进步提升绿色经济效率。^[7]金融集聚通过提高研发效率和经济创新促进经济绿色发展。^{[8][9]}生产性服务业集聚对经济绿色转型具有重要的积极作用。

作者简介：林小希（1984-），上海社会科学院，博士生；上海工程技术大学，讲师。电子邮箱：magiclin1984@163.com。

基金项目：国家社科基金一般项目“企业家精神激发视域下创业政策图谱及政策供给研究”（18BJL039）。

^[10]产业集聚可以通过科技进步和人力资源优化促进区域绿色经济效率提高。^[11]

第二种结论认为，经济集聚对绿色经济效率将起到一定的约束作用。地方产业专业化集聚与多样化集聚上抑制了本地及邻地绿色发展。^[12]房价上涨使得生产性服务业集聚的绿色经济效应由正转负。^[13]

从总体上来看，现有文献中与经济集聚对经济增长产生影响相关的研究不在少数，但还存在一定局限性：一是在绿色经济效率的界定方面，至今未形成统一的定论，部分文献将其与环境或能源效率混淆在一起；二是现有文献在实证分析方面有余，而在理论分析方面却有所欠缺，具备完整理论和实证分析框架的文献较少。

因此，文章的主要贡献在于：第一，将能源消耗和污染排放统一纳入理论分析框架，并寻求经济集聚不同阶段对绿色经济效率的不同影响路径；第二，综合资本投入、劳动投入、能源投入、经济产出和污染排放多个方面构建中国省级绿色经济效率指标，并考虑空间效应检验经济集聚对绿色经济效率的影响；第三，充分考虑经济集聚内生性问题，采取经济集聚滞后项、地形起伏度和历史人口密度作为工具变量。

二、理论分析

（一）理论框架

绿色经济效率是一种全面考虑经济增长、资源节约和环境保护三者之后的综合社会经济运行效率。^[14]经济集聚能够通过专业化集聚和多样化集聚等形式产生外部性。文章将经济集聚的程度分为未形成集聚阶段、初步集聚阶段以及深度集聚三个阶段，分别从规模效应、技术效应、产品产业结构效应和政策环境效应四个方面分析了经济集聚程度在这三个不同阶段对环境污染、能源效率和经济增长方式的影响，诠释了经济集聚对绿色经济效率的理论影响（见下表1）。

经济集聚的外部性通过共享、匹配和学习三个机制来影响绿色经济效率，共享包括基础设施、中间商品、产业工人等。^[15]匹配包括劳动力池和供应商产业链的衔接，提高匹配度、降低搜寻成本。^[16]学习通过知识的交流，特别是面对面的交流，年轻人可以向前辈学习到更多的经验，知识之间的碰撞更能引起新技术、新产业的发展，产品产业结构得到升级。此外，经济集聚对绿色经济效率也会产生负的外部性，主要是由于规模扩大造成污染、拥挤、土地价格上升等，^[17]拥挤效应在一定程度上会抵消集聚的正外部性，^[18]甚至造成经济集聚的负外部性超过正外部性。

表 1 经济集聚对环境污染、能源效率和绿色经济效率的影响

	影响途径	环境污染 排放强度	能源 效率	经济增长方式	绿色经济效率
经济未形成 集聚阶段	规模效应	降低	降低	低速增长	降低
	技术效应	降低	不明显	低速增长	降低
	产品产业 结构效应	降低	不明显	低速增长	降低

	政策环境效应	不明显	不明显	低速增长	不明显
	综合	低污染	低能效	低速增长	低
经济初步 集聚阶段	规模效应	增加	降低	粗放型高速增长	不确定
	技术效应	不明显	弱提高	粗放型高速增长	不确定
	产品产业 结构效应	增加	降低	粗放型高速增长	降低
	政策环境效应	增加	提高	放缓增速	降低
	综合	高污染	低能效	粗放型高速增长	低
经济深度 集聚阶段	规模效应	降低	提高	集约型高质量增长	提高
	技术效应	降低	提高	集约型高质量增长	提高
	产品产业 结构效应	降低	提高	集约型高质量增长	提高
	政策环境效应	降低	提高	集约型高质量增长	提高
	综合	低污染	高效能	集约型高质量增长	高

注：作者根据理论分析整理。

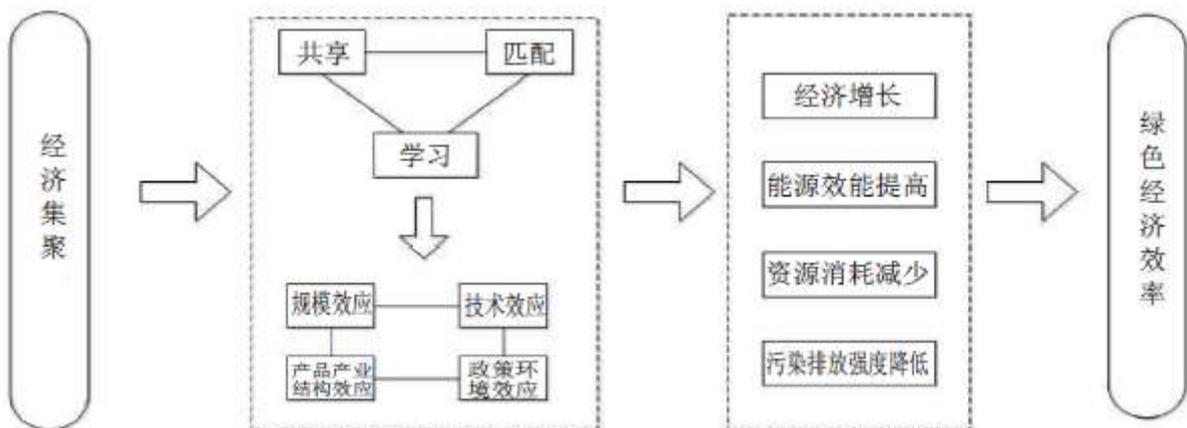


图 1 经济集聚对绿色经济效率的影响机理

大多数学者将经济集聚根据产业关联分为专业化集聚和多样化集聚。由于现实中专业化集聚和多样化集聚并不是完全对立的关系，而多样化集聚往往是在专业化集聚不断发展的过程中孕育而出并协同发展的，因此采用经济集聚不同阶段来反映集聚效应有一定的现实意义。

在经济未形成集聚阶段，经济集聚的规模效应、技术效应和产品产业结构效应皆对环境污染有一定的抑制作用，虽然政策环境效应不明显但总体上在这一阶段经济集聚将抑制环境污染的排放强度。除了经济集聚产生的规模效应外，由于扩大生产带来的能源消耗增加，对能源效率有一定的降低作用，其他三种效应在这一阶段对能源效率的影响不明显。此时，经济发展的资源投入巨大但产品增加值不高，属于产业链最低端的产品，此时经济增长较为缓慢。这一阶段相当于大多数发展中国家的经济发展刚刚起步阶段，大多数地区还未摆脱贫困。此时经济集聚导致低污染、低能效和低速经济增长，呈现出低绿色经济效率的状态。

在经济初步集聚阶段，此时经济集聚主要以专业化集聚为主。集聚通过规模效应和产品产业结构效应不断加大环境污染排放的强度。规模效应由于产能的疯狂扩张带来的产品产量增加的同时也提高了作为非期望产出污染物的排放量，又由于在以经济增长为唯一目标的政策环境下，对于产品产业结构的选择和污染排放以及能源消耗的限制较少使得污染排放持续增大。虽然技术效应和政策环境效应对能源效率有一定提高，但由于规模效应和产品产业结构效应下的能源消耗更为巨大，能源效率的提高远远未达到由于重工业带来的能源效率的降低，总体上这一阶段经济集聚导致的能源效率降低。由于在经济初步集聚阶段，地区经济已从农业经济向工业经济转型，经济进入高速发展阶段。但此阶段的经济增长完全依靠资源和能源的大量消耗且工业产生的大量污染也直接影响到生态环境，即粗放型的高速经济增长阶段。这一阶段相当于大多数发展中国家进入经济增长高速期，对应中国经济大致是改革开放后到 21 世纪 10 年代初期，大量产业集聚区在这一时期出现。

在经济深度集聚阶段，此时经济集聚在专业化集聚的基础上不断发生多样化集聚且多样化集聚的占比不断提高。由于成熟的专业化集聚和多样化集聚带来融合通过规模效应、技术效应、产品产业结构效应和政策环境效应对环境污染起到抑制作用，对能源效率起到提升作用。此时，经济增长速度虽然比上一个阶段会有所放缓，但经济增长的原动力发生了改变，从依靠资源忽视环境的粗放型经济增长转化为依靠知识和创新为动力的高能效、环境友好的高质量经济增长。这一阶段相当于中国经济从 2012 年进入新时代开始，经济不断深化改革转型，更加注重生态文明建设和绿色经济发展。这一阶段经济集聚导致低污染、高能效和高质量经济增长，呈现出高绿色经济效率的状态。

（二）数理模型推导

根据 Ciccone 与 Hall(1996)和 Ushifusa 与 Tomohara(2013)的产出密度函数，^{[19][20]}并将能源投入纳入生产函数，且假设生产函数符合柯布道格拉斯函数形式，单位面积上的经济产出对该地区的产出密度弹性为常数。其中，Q 表示总产出，单位土地面积上的经济产出为 q ；A 表示区域土地面积，L 表示劳动力，K 表示资本，E 表示能源消耗， β 和 γ 分别表示劳动力和能源消耗的产出弹性，如（1）式所示。

$$Q_i = qA_i = A_i \Omega_i \left[\left(\frac{L_i}{A_i} \right)^\beta \left(\frac{K_i}{A_i} \right)^{1-\beta-\gamma} \left(\frac{E_i}{A_i} \right)^\gamma \right]^\alpha \left(\frac{Q_i}{A_i} \right)^{\frac{\lambda-1}{\lambda}} \quad (1)$$

整理推导得①

$$\Omega_i = \Lambda_r \left(\frac{L_i}{A_i} \right)^{\frac{1}{\omega}} \left(\frac{Q_i}{L_i} \right)^{\frac{1}{\omega}} \quad (2)$$

在(2)式中， Ω_i 示该区域内考虑经济生产活动中资本、劳动力、能源、期望产出 GDP 和非期望产出环境污染物的综合社会经济运行效率，即绿色经济效率， Q_i/L_i 为 i 地区的劳动生产率， L_i/A_i 为经济集聚程度，表现为单位土地面积上的劳动力投入，即就业密度。但使用就业密度来代表经济集聚程度容易高估劳动力密集型产业的集聚程度，考虑到实证模型中数据指标的准确性，将采用单位土地面积上的经济产出来表示经济集聚程度。(2) 式表明在其他条件不变的情况下，经济集聚程度和劳动生产率共同决定了绿色经济效率。

三、经济集聚对绿色经济效率影响实证模型构建

(一) 实证模型设定

根据经济集聚对绿色经济效率的理论影响机制，经济集聚对绿色经济效率的影响很可能是非线性的，对(2)式两边求对数，同时加入经济集聚程度的二次项，并加入其他控制变量的集合 X ，考虑以下 4 个变量作为控制影响绿色经济效率的其他重要因素：经济发展水平 (pgdp)、环境规制强度 (regu)、产业结构 (stru) 和政府干预 (gov)。经济发展水平同时加入二次项，以验证库茨涅茨曲线的存在性；环境规制考虑滞后性做滞后一期处理。 u 表示地区固定效应， ε 表示随机扰动项：

$$\ln \Omega_i = \alpha + \beta_1 \ln \left(\frac{Q_i}{A_i} \right) + \beta_2 \left[\ln \left(\frac{Q_i}{A_i} \right) \right]^2 + \beta_3 \ln \left(\frac{Q_i}{L_i} \right) + \beta_4 X_i + u_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

经济集聚对绿色经济效率可能存在空间溢出效应和时间滞后效应，选择空间计量模型的设定，并在动态空间面板模型中加入绿色经济效率的滞后项和空间滞后项。为了分析的便捷性，定义 $agit$ 表示经济集聚程度的自然对数，以及经济集聚对数的二次项 $Sagit$ ，用 GEE_{it} 来表示 i 地区在 t 年份的绿色经济效率。因此，用来检验经济集聚对绿色经济效率的空间计量模型如下：

$$GEE_{it} = \beta_0 + \rho_1 \sum_{j=1}^n \omega_{ij} GEE_{jt} + \beta_1 agit + \beta_2 Sagit + \beta_3 lp_{it} + \rho_2 \sum_{j=1}^n \omega_{ij} agit + \rho_3 \sum_{j=1}^n \omega_{ij} Sagit + \rho_4 \sum_{j=1}^n \omega_{ij} lp_{jt} + \delta \sum X_{it} + \lambda \sum_{j=1}^n \omega_{ij} X_{jt} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

(二) 变量说明与数据来源

数据来源于历年《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》《中国环境年鉴》及各省（自治区、直辖市）统计年鉴，其中各类货币量指标均以 2000 不变价格进行了平减调整，控制变量中对于非百分比数据都取自然对数，以降低样本的离散程度。

表 2 各变量定性描述

变量类型	变量名称	定义	符号
------	------	----	----

被解释变量	绿色经济效率	超效率 SBM-DEA 测算	GEE
解释变量	经济集聚	非农经济产值与该地区建成区面积的比值的自然对数	ag
控制变量	劳动生产率	非农产出与非农年末就业人口的比值取自然对数	lp
	经济发展水平	人均地区生产总值的自然对数	pgdp
	环境规制	环境治理投资额占该地区生产总值的比重	regu
	产业结构	工业增加值占该地区生产总值的比重	stru
	政府干预	地方财政支出占当地地区生产总值的比重	gov

（三）绿色经济效率评价指标的构建

根据多数文献对绿色经济效率指标的研究，设计被解释变量绿色经济效率评价指标体系见表 3。

表 3 绿色经济效率评价指标体系

名称	类别	指标	变量
投入指标	资源消耗	能源消耗	能源消费总量
		资本投入	固定资本存量
		劳动投入	非农年末就业总人数
产出指标	期望产出	经济增长总量	地区实际非农 GDP
	非期望产出	有毒气体	二氧化硫排放总量
		废水污染	工业废水排放总量
		大气污染	烟（粉）尘排放总量
		温室气体	二氧化碳排放总量

注：作者根据前文分析自行绘制。

将省级行政区作为一个决定单元，参照林伯强(2019)的做法，在非径向方向距离函数中对资本(K)和劳动(L)投入的权重都设置为0，因为需要将这两者无效率分解出来；能源投入(E)、GDP、二氧化硫(P1)、工业废水(P2)、烟(粉)尘(P3)和二氧化碳排放量(P4)的权重分别被设置为1/3、1/3、1/12、1/12、1/12和1/12。这六者可以增加或减少的比例通过 Super-SBM 模型使用 MaxDEA 软件进行测算，得到第 i 个省级行政区在第 t 期的绿色经济效率：

$$GEE_{it} = \frac{1}{2} \left(\frac{(E_{it} - \beta_{E_t} E_{it}) / (G_{it} + \beta_{G_t} G_{it})}{E_{it} / G_{it}} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{4} \sum_{U=P1, P2, P3, P4} \frac{(U_{it} - \beta_{U_t} U_{it})}{(G_{it} + \beta_{G_t} G_{it})} \frac{U_{it} / G_{it}}{U_{it} / G_{it}} \right) \quad (5)$$

在(5)式中， β_E 、 β_G 、 β_{E_1} 、 β_{P1} 、 β_{P2} 、 β_{P3} 、 β_{P4} 为超效率 DEA 模型的最优解。该指标计算用到的数据有资本、劳动、能源、GDP、工业废水、工业二氧化硫、烟(粉)尘和二氧化碳排放量。其中，用二氧化硫、工业废水、烟(粉)尘和二氧化碳排放量体现经济生产活动对环境的损害，二氧化碳排放量的具体测算方法用 IPCC (2006) 参考方法结合中国官方公布的相关参数进行估算，其余污染排放强度变量指标均根据相关统计资料报告的数据予以构造。资本投入 K：借鉴张军等(2004)的做法，采用“永续盘存法”，初始年份 2004 年资本存量也采取张军(2004)中的计算所得。劳动力投入 L：采用地区非农产业的年末就业人数作为劳动力投入的代理指标。能源投入 e：采用《中国能源统计年鉴》的分地区分品种中历年的能源消费总量来表示能源投入，单位是万吨标准煤。经济产出 Y：选用地区非农生产总值加总作为经济产出的指标，单位为亿元。所有货币指标以 2000 年为基期的不变价格进行平减。

(四) 绿色经济效率的测算结果分析

运用 MaxDEA7.0 测算 29 个省(直辖市、自治区)的绿色经济效率，其中西藏和海南因为数据不全剔除。

表 4 全国及分地区绿色经济效率^②

年份	全国均值	东部地区	中部地区	西部地区	京津冀	长三角
2004	0.536	0.797	0.386	0.409	0.802	0.726
2005	0.552	0.83	0.435	0.383	0.805	0.746
2006	0.548	0.841	0.43	0.367	0.845	0.75
2007	0.53	0.78	0.421	0.382	0.839	0.749
2008	0.523	0.778	0.345	0.422	0.847	0.747
2009	0.496	0.771	0.344	0.356	0.834	0.744

2010	0.515	0.751	0.347	0.423	0.814	0.696
2011	0.516	0.759	0.342	0.422	0.845	0.703
2012	0.526	0.786	0.341	0.424	0.958	0.7
2013	0.549	0.828	0.358	0.433	0.947	0.774
2014	0.549	0.833	0.359	0.428	0.976	0.766
2015	0.558	0.857	0.361	0.43	1.05	0.767
2016	0.572	0.885	0.373	0.432	1.162	0.765
2017	0.562	0.898	0.389	0.382	1.1461	0.812

注：作者根据 MaxDEA 测算结果绘制。

从全国整体绿色经济效率整体来看，绿色经济效率呈现波动增长趋势。东部地区呈现先增长后下降再增长的态势，中部和西部地区则表现出一定程度的曲折下降。京津冀地区的增长特别在提出京津冀协同发展战略后有了较大的提高。长三角地区表现出较为稳定的曲折上升趋势。

四、实证检验结果与分析

（一）空间相关性检验

空间计量模型将分别采用相邻二值矩阵、地理距离矩阵（省会城市的地理坐标距离）和经济距离矩阵[各省（自治区、直辖市）2003—2017 的人均 GDP 差距]三个空间矩阵来进行估计。表 5 的结果显示，回归方程对应的 Moran 全局指数除地理距离矩阵以外均在 5%的水平上显著，且 LM、LR 统计量大部分是显著的，从而表明模型的解释变量和被解释变量均存在明显的空间相关性，所以采用空间计量模型来考察所研究的问题是必要的。由于估计变量是一些特定的个体，模型的截距项是根据地区和时期而变动的，依据 Baltagi（2002）的判断，静态空间模型和动态空间模型均适合采用固定效应进行估计。同时，LM 检验显示面板计量模型中包含空间效应，则根据韩峰（2020）的研究，可直接使用更具一般意义的 SDM 模型进行空间计量估计。^[21]接下来，将重点分别采用静态空间面板杜宾和动态空间面板杜宾模型进行估计。见表 6。

表 5 空间相关性检验结果

矩阵类型	二值相邻矩阵	地理距离矩阵	经济距离矩阵
GLOBAL	0.069**	-0.006	0.098**

Moran MI	(2.205)	(-0.07)	(2.548)
LM Error (Burrige)	4.251**	0.015	5.795**
LM Error (Robust)	4.66**	0.024	5.965**
LM Lag (Anselin)	0.565	0.105	0.026
LM Lag (Robust)	0.974	0.113	0.196
LM SAC (LMerr+LMLag_R)	5.225*	0.128	5.991**
LM SAC (LMLag+LMerr_R)	5.225*	0.128	5.991**
LR(SEM vs OLS)	22.796***	20.873***	1.807
Wald Test	105.648***	373.12***	371.275***
F-Test	13.206***	46.64***	46.409***

注：作者根据 Stata 软件计算结果整理，*代表在 10%的水平上显著、**代表在 5%的水平上显著；***代表在 1%的水平上显著。

(二) 结果分析

利用经济集聚和绿色经济效率的观测值初步拟合出图 2。从图 2 可以看出，经济集聚和绿色经济效率呈现出明显的“U”型曲线形态。

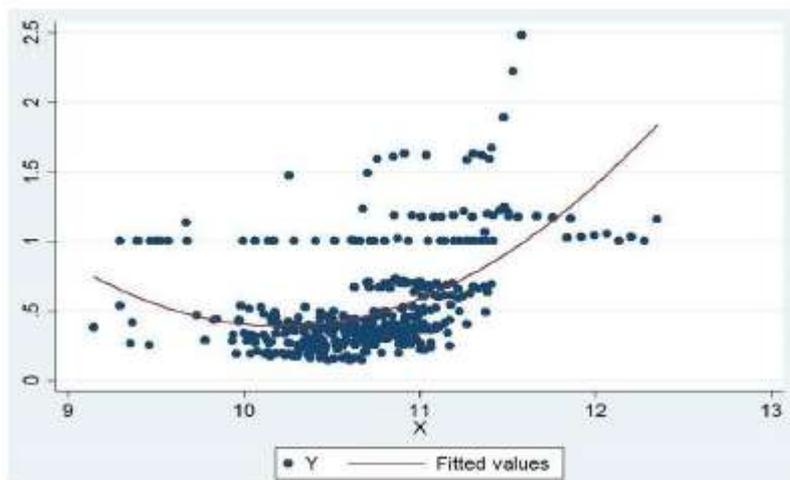


图 2 变量散点图

注：作者运用 Stata 软件作图，横轴为经济集聚，纵轴为绿色经济效率。

表 6 中无论是静态空间面板杜宾模型还是动态空间面板杜宾模型，经济集聚的二次项系数皆为正，且在动态空间面板杜宾模型中均在 1%的水平上显著，静态空间面板杜宾模型二值相邻矩阵在 5%的水平上显著，体现出良好的模型稳定性。根据二次项函数性质，二次项系数为正则为开口朝上的曲线形态，与散点拟合图类似，验证了理论框架分析：在其他条件不变的情况下，经济集聚与绿色经济效率之间呈现出“先降低-后提高”的非线性“U”型关系。

表 6 中比较 R-sq 和 Log-likelihood 值，在动态空间面板杜宾的值大于静态的值，在动态空间面板杜宾模型中二值相邻矩阵的值又比经济距离矩阵的值稍大。因此，动态空间面板杜宾模型相比于静态空间面板杜宾模型有强的解释力，而在动态空间面板杜宾模型中，相邻二值矩阵的解释力又更强一些。因此，后续分析主要关注以二值相邻矩阵下的动态空间面板杜宾模型的估计结果。

表 6 经济集聚对绿色经济效率空间分析结果

变量	静态空间面板杜宾 (SDM)		动态空间面板杜宾 (SDM)	
	二值相邻矩阵	经济距离矩阵	二值相邻矩阵	经济距离矩阵
LGEEP			0.924*** (42.09)	0.929*** (43.11)
ag	-2.087*** (-2.61)	-0.741 (-0.94)	-1.103*** (-2.95)	-1.04*** (-3.24)
Sag	0.093** (2.51)	0.03 (0.83)	0.049*** (2.82)	0.047*** (3.09)
lp	0.146** (2.54)	0.152*** (2.63)	0.037 (1.46)	0.01 (0.38)
pgdp	-0.14 (-0.65)	-0.036 (-0.15)	-0.122 (-1.01)	-0.91 (-0.78)
Spgdp	0.008 (0.78)	0.002 (0.21)	0.008 (1.18)	0.006 (0.86)
regu	-6.475*** (-2.65)	-6.474*** (-2.64)	-6.815*** (-3.65)	-6.426*** (-3.52)
stru	0.377** (2.18)	0.44** (2.44)	-0.136 (-1.52)	-0.161* (-1.73)

gov	0.334 (1.17)	0.425*** (1.75)	-0.047 (-0.44)	-0.008 (-0.09)
cons	17.088** (1.97)	37.296*** (3.21)	7.902 (1.47)	6.71 (1.01)
W-ag	-1.905 (-1.05)	-6.904*** (-2.78)	-0.221 (-0.21)	-0.198 (-0.15)
W-Sag	0.09 (1.06)	0.328*** (2.86)	0.008 (0.17)	0.011 (0.17)
W-lp	0.149 (1.15)	-0.105*** (-0.62)	-0.056 (-1.27)	-0.031 (-0.44)
W-pgdp	1.359*** (3.14)	0.765 (1.42)	0.025 (0.11)	0.082 (0.31)
W-Spgdp	-0.081*** (-3.73)	-0.039 (-1.54)	0.00004 (0.03)	-0.005 (-0.29)
W-regu	2.528 (0.54)	15.418*** (2.88)	0.783 (0.19)	-3.071 (-0.70)
W-stru	-1.063*** (-4.53)	-0.129 (-0.44)	-0.012 (-0.09)	0.172 (0.89)
W-gov	-0.121 (-0.30)	-0.331 (-0.65)	-0.074 (-0.50)	-0.052 (-0.31)

注：作者根据 Stata 软件计算结果整理，括号内数值为 z 值，*代表在 10%的水平上显著；**代表 5%显著、***代表 1%显著；LGEEP 表示绿色经济效率的时间滞后项，W-ag、W-Sag 分别表示经济集聚的空间项，W-X 表示控制变量的空间项。

根据二次函数性质，经济集聚程度的拐点大致在 72193.53 万元/平方公里处。在研究期内经济集聚程度到达拐点的只有北京、上海、广东、江苏、浙江、福建、湖北和重庆 8 个省（直辖市），上海在整个研究期的经济集聚程度都处于拐点右侧。北京和广东都差不多在 2010 年时到达经济集聚程度的拐点。江苏、浙江、福建、湖北和重庆分别在 2012 年、2013 年、2014 年、2017 年和 2016 年到达拐点。大部分中部和西部地区的省市集聚程度远远落后于拐点的数值，都处于“U”型曲线的左端，即使是如江苏、浙江、福建、湖北和重庆也仅仅是刚刚过拐点阶段。从全国整体来看，我国的经济集聚程度还远远达不到引起绿色经济效率由降低转为升高的阶段。

绿色经济效率的时间滞后项系数为正且在 1%的水平上显著，说明绿色经济效率具有较强的延续性，前一期的绿色经济效率对本期的绿色经济效率产生正面影响。这是由于很多绿色产业的建设需要一定的时间，同时规模效应、技术效应、产品产业结

构和政策环境都具有一定的延续性，综合起来前一期的效应会对本期效应起到加强的作用。

劳动生产率水平的系数在所有模型中皆为正，且在静态分析中至少在 5%的水平上显著，验证了理论模型中劳动生产率水平对绿色经济效率是正向影响作用。经济发展水平在所有模型中二次项系数皆为正，表示随着经济发展水平不断提高，经济发展水平与绿色经济效率之间也呈现出“先降低-后提高”关系，从一定程度上证明了环境库茨涅茨曲线在中国的存在性。环境规制对绿色经济效率影响为负，可能的原因是地方政府的环境治理费用使用效率不高，甚至环境治理资金的错配造成了经济增长的延缓。产业结构在动态模型中表现出对绿色经济效率的影响为负。理论分析中，工业依然是污染排放的“第一大户”，同时还是能源消耗的“第一大户”，所以工业占比的提高会带来绿色经济效率的降低。但在静态分析中，产业结构则表现出对绿色经济效率的影响显著为正，可能的解释是工业产业的经济增长短期贡献较大，所以在不考虑动态因素的情况下，当期工业对当期经济增长具有很大的正向影响作用。但在考虑动态因素后，环境污染、能源使用强度等因素在长期对绿色经济效率起到了抑制作用。政府干预同样在静态分析框架下在 5%的水平上显著为正，但在动态分析框架下为负。与产业结构的分析类似，在短期内政府投资会对经济增长起到立竿见影的正向效果，以此提高了绿色经济效率。但进入动态分析框架后，政府投资反而可能会产生挤出效应在长期对绿色经济效率起到抑制作用。

控制变量的空间项方面各个模型也具有较好的稳定性。劳动生产率的空间项系数为负，说明本地的高劳动生产率可能是吸引了周边地区的高技能人才而造成周边地区的人才匮乏。产业结构和政府干预的空间项多数为负，说明邻近地区的产业具有一定的同质性且政府投资具有一定的示范性，引起各邻近省市的底部竞争、造成对绿色经济效率起到了抑制作用。

（三）对内生性问题的进一步处理

动态空间杜宾模型可用来解决自变量的空间滞后项、时间滞后项、时空滞后项以及由于遗漏变量所导致的内生性问题。但动态空间杜宾模型无法解决解释变量和被解释变量互相影响而产生的联立内生性问题。经济集聚对绿色经济效率会产生影响，同时绿色经济效率也可能反过来对经济集聚产生影响，形成互为因果情况。借鉴韩峰和阳立高（2020）的做法，选择合适的工具变量，基于相邻二值矩阵采用系统 GMM 法进行估计。鉴于动态面板系统 GMM 模型的宽松假设，内生性问题可以通过解释变量和被解释变量的滞后一期和滞后二期项作为工具变量加以解决。为了进一步控制经济集聚的内生性问题，使用解释变量和被解释变量的时间滞后一期和滞后二期作为工具变量的同时，借鉴林伯强等（2019）的做法，采取封志明等（2017）地形起伏度作为经济集聚的外生工具变量。^[22]某一地区的地形起伏度平均值是由该地区的最高海拔高度和最低海拔高度、平地面积以及区域总面积共同决定的，是一种天然的地理指标，可以认为与绿色经济效率无直接联系。同时，平均地形起伏度较低的地区往往是平原地区，而平原地区人口往往较容易集中，是影响经济集聚的重要因素。由于模型中还加入了经济集聚的二次项，即存在两个内生变量，因此需要至少两个外生性工具变量。一般考虑外生性工具变量从地理和历史两个维度选择，人口密度和经济集聚的关系不言而喻，人口密度高的地区往往经济集聚程度也较高。又由于经济集聚不是一蹴而就的，具有一定的时间延续性，可以认为过去的人口密度对现在的经济集聚具有影响作用。这里选用《中国统计年鉴》中 1988 年的各省（自治区、直辖市）的人口密度数据作为第二个工具变量，由于 1988 年和本章研究对象的时间 2004 年相差 16 年，不会对研究期的绿色经济效率产生影响。

使用经济集聚滞后一期变量和滞后二期变量作为工具变量时，经济集聚的二次项系数以及劳动生产率等参数估计结果并未发生明显变化。当经济集聚滞后一期变量和滞后二期变量以及外生性工具变量各省地面平均坡度与 1988 年各省人口密度同时作为工具变量时，系统 GMM 估计结果也未发生明显改变。经济集聚的二次项系数在 5%的水平上显著为正，再次验证了经济集聚与绿色经济效率呈现出“U”型曲线的关系。绿色经济效率的时间滞后项均在 1%的水平上显著为正，印证了绿色经济效率在时间上具有路径依赖或延续性的观点。

五、结论与建议

经济集聚对绿色经济效率的影响呈现出“U”型曲线的关系。在经济集聚的不同阶段，经济集聚通过规模效应、技术效应、产品产业结构效应和政策环境效应对绿色经济效率的影响存在非线性关系。在经济集聚未形成阶段，为低污染、低能效和低速经济增长，经济集聚表现为抑制绿色经济效率；在经济集聚初步形成阶段，为高污染、低能效和高速经济增长，经济集聚同样表现为抑制绿色经济效率；在经济深度集聚阶段，为低污染、高能效和高质量经济增长，经济集聚表现为提高绿色经济效率。

主要建议如下：

第一，进一步落实绿色发展理念。绿色经济效率测算结果显示，全国整体绿色经济效率呈现波动增长趋势。东部地区呈现出“先增长—后下降—再增长”的态势，中部和西部地区则表现出一定程度的曲折下降。特别是中西部地区在发展经济的同时需要注重环境保护和能源节约。

第二，充分利用经济集聚的空间溢出效应。经济集聚和绿色经济效率之间呈现出“先降低—后升高”的“U”型曲线关系。同时，地区与地区之间经济集聚和绿色经济效率具有空间溢出效应，同一地区内具有路径依赖和延续性。需要进一步深化区域经济一体化建设，中国如今推进的京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域一体化建设需要进一步打破行政分割壁垒，使要素能够充分流动，同时需要保持政策规划一定时期的延续性，充分发挥经济集聚和绿色经济效率的空间溢出效应。

第三，继续推进深度经济集聚。对经济集聚与绿色经济效率的曲线拐点大致在 72193.53 万元/平方公里处。在研究期内，处于拐点右侧的只有北京、上海、广东、江苏、浙江、福建、湖北和重庆 8 个省（直辖市），大部分中西部地区的省份都处于“U”型曲线的左侧。中国当前多数产业集聚区为专业化集聚，多样化集聚依然不充分，造成很多经济集聚只是形式上集聚，未形成集聚的协同效应，对绿色经济效率不具有提升作用。只有继续做好深度经济集聚规划，更好地发挥多样化集聚与专业化集聚的协同效应，才能在整体上提升绿色经济效率，落实绿色发展理念，完成碳达峰与碳中和的目标。

注释：

①其中 r 和 P_e 分别表示资本和能源价格； $\omega = \frac{\lambda}{1 - \alpha\lambda(1 - \beta)}$ ； $\Lambda_e = \left[\frac{\alpha(1 - \beta - \gamma)}{r} \right]^{\frac{(1 - \beta - \gamma)h\alpha}{1 - \alpha\lambda(1 - \beta)}} \left(\frac{\alpha\gamma}{P_e} \right)^{\frac{\alpha\gamma}{1 - \alpha\lambda(1 - \beta)}}$ ； $\theta = \frac{\alpha\lambda - 1}{1 - \alpha\lambda(1 - \beta)}$ ； $\omega, \Lambda_e, \theta$ 都是常数；因篇幅限制，中间推导过程未报告，如有需求可问作者索取。

②篇幅限制，未列出具体省份的绿色经济效率值，如有需求可问作者索取

参考文献：

[1] 邵帅, 张可, 豆建民. 经济集聚的节能减排效应: 理论与中国经验[J]. 管理世界, 2019, 35(1): 36-60, 226.

[2] 黄宝敏. 经济集聚能否“一箭双雕”: 增长效应与节能减排效应的空间计量分析[J]. 现代经济探讨, 2020(7): 20-32.

[3] 周杰琦, 张莹. 外商直接投资、经济集聚与绿色经济效率——理论分析与中国经验[J]. 国际经贸探索, 2021, 37(1): 66-82.

[4] 丁斐, 庄贵阳, 刘东. 环境规制、工业集聚与城市碳排放强度——基于全国 282 个地级市面板数据的实证分析[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2020, 20(3): 90-104.

[5] 陆凤芝, 王群勇. 相向而行还是背道而驰: 生产性服务业集聚与污染减排[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2021, 35(2): 41-53.

-
- [6]Otsuka A.How do population agglomeration and interregional networks improve energy efficiency?[J]. Asia-Pacific Journal of Regional Science,2020,4:1-25.
- [7]张平淡,屠西伟.制造业集聚促进中国绿色经济效率提升了吗?[J].北京师范大学学报(社会科学版),2021(1):132-144.
- [8]张忠俊,郭晓旭,张喜玲,李宾.金融集聚、人力资本结构演进与经济高质量发展[J].统计与决策,2021,37(2):10-14.
- [9]张东,王豪杰.金融集聚、空间溢出与地区工业绿色创新效率[J].经济经纬,2021,38(1):134-142.
- [10]Huang Y,Yang L.Research on the Impact of Producer Service Industry Agglomeration on Economic Green Transformation[J]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2020, 585:1-6.
- [11]Li Z Y,Zhou Y T,Cai S F,Lv P J. Research on Influencing Factors of Regional Economic Green Growth under Carbon Emissions Constraint[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 615(1):12-17.
- [12]谢果,赵晓琴,王悠悠,等.政府竞争、产业集聚与地方绿色发展[J].华东经济管理,2021,35(3):74-85.
- [13]胡绪华,陈默.生产性服务业集聚、房价上涨与地区绿色经济效率提升——基于中国大中型城市数据的实证分析[J].南京审计大学学报,2020,17(1):82-92.
- [14]林伯强,谭睿鹏.中国经济集聚与绿色经济效率[J].经济研究,2019,54(2):121-134.
- [15]Giuliano G.The California Sustainable Freight Action Plan Requires Consideration of Economic Competitiveness of the Freight Sector[J].Institute of Transportation Studies,Working Paper Series,2019,8.
- [16]Wang Y,Wang J.Does Industrial Agglomeration Facilitate Environmental Performance:New Evidence from Urban China?[J]. Journal of Environmental Management, 2019, 248(Oct. 15):109244. 1-109244. 11.
- [17]Fabio C.Francesco M. Is Agglomeration Really Good for Growth? Global Efficiency, Interregional Equity and Uneven Growth[J]. Journal of Urban Economics, 2014, 84:9-22.
- [18]Fujita M, Thisse J F.Economics of Agglomeration(Cities, Industrial Location, and Regional Growth)[J]. Agglomeration and Economic Theory, 2002:1-22.
- [19]Ciccone A. Agglomeration-effects in Europe[J]. Economics Working Papers, 1999, 46(2):213-227.
- [20]Ushifusa U, Tomohara A. Productivity and Labor Density: Agglomeration Effects over Time[J]. Atlantic Economic Journal, 2013(3):123-132.
- [21]韩峰.生产性服务业集聚如何影响制造业结构升级?——一个集聚经济与熊彼特内生增长理论的综合框架[J].管理世界,2020(2):72-94.
- [22]封志明,唐焰,杨艳昭,等.中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J].地理学报,2007(10):1073-1082.