

# 互联网发展、产业集聚结构与绿色创新效率

陈兵 王伟龙<sup>1</sup>

(新疆大学 经济与管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

**【摘要】:** 文章首先基于超效率 SBM 模型和 Malmquist-Luenberger 指数分解测算出中国 269 个地级市的绿色创新效率, 然后利用 2004—2018 年的城市面板数据, 基于动态空间杜宾模型实证研究了互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率的影响。研究发现: 绿色创新效率存在显著的“路径依赖”和空间溢出特征; 专业化集聚显著抑制了绿色创新效率提升, 而互联网发展和多样化集聚显著促进了绿色创新效率提升, 同时, 互联网发展与专业化、多样化集聚交互作用均显著促进绿色创新效率的增长; 不同区域、不同规模和不同资源类型下的城市互联网发展与产业集聚结构对绿色创新效率的影响呈现出显著差异。最后, 提出互联网与产业集聚融合发展的政策建议, 以为绿色创新效率提升提供新的视角。

**【关键词】:** 互联网发展 专业化集聚 多样化集聚

**【中图分类号】:** F490.3; F269.23; F124.3 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1007-5097 (2021) 04-0042-15

## 一、引言

党的十九届五中全会再次明确我国经济已转向高质量发展阶段, 但是长期的粗放式经济发展模式造成的资源短缺、环境污染和产能过剩等问题日益凸显<sup>[1-2]</sup>, 而绿色创新作为一种兼顾经济增长和环境保护的新型创新模式, 有望成为新引擎破除制约发展的瓶颈<sup>[3]</sup>。实际上, 在倡导可持续发展理念下, 绿色创新逐渐成为中国以及世界各国创新转型的普遍路径<sup>[4-5]</sup>。绿色创新效率作为传统创新效率的补充和完善, 将技术创新、环境友好和资源节约纳入同一考核框架, 成为绿色创新能力的重要衡量指标<sup>[6]</sup>。而产业集聚作为一种推动区域创新的重要形式<sup>[7]</sup>, 不仅为城市经济发展提供了动力, 还为城市环境质量改善提供了可能。但是, 产业集聚因行业类型集聚差异被区分为专业化集聚和多样化集聚, 使其对城市创新和环境的影响因集聚结构不同而产生一定差异, 产业集聚模式只有在适应城市条件时才能够发挥更大的集聚效应和正向空间溢出<sup>[8]</sup>。此外, 互联网作为创新源动力, 不仅推动着整个社会的技术进步和经济增长, 而且对环境污染的制约作用功不可没, 且互联网发展水平是决定产业集聚程度和集聚效应发挥的关键因素<sup>[9]</sup>。因此, 互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率可能存在显著影响。

那么, 互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率的影响到底是怎样的? 互联网发展与产业集聚结构共同作用对绿色创新效率的影响又是怎样的? 厘清三者之间的关系, 对城市利用互联网进行绿色技术创新、推动绿色经济增长、实现区域绿色发展意义重大。因此, 本文试图探索互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率的影响机理, 以为经济高质量发展背景下进一步优化城市层面互联网建设和产业集聚、提升绿色创新效率提供一定边际经验借鉴。

## 二、文献综述

<sup>1</sup>作者简介: 陈兵 (1970-), 男, 新疆乌鲁木齐人, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 互联网, 电子商务;

王伟龙 (1996-), 男, 重庆人, 硕士研究生, 研究方向: 互联网, 电子商务。

基金项目: 新疆历史文化旅游可持续发展重点实验室重点项目“基于大数据的新疆文旅融合实证研究” (LY2020-03)

目前,学术界对绿色创新的概念界定主要形成两类观点:一是从目标导向出发,认为绿色创新侧重节约资源和降低生态污染<sup>[10-12]</sup>;二是基于过程维度,认为绿色创新是从绿色技术概念、到绿色产品研发、最后到绿色产品商业化的一系列过程的总称<sup>[13-15]</sup>。总体而言,不同学者虽然对于绿色创新概念的定义有所差异,但都肯定了绿色创新对环境绩效的改善作用,因此绿色创新也可称为环境创新、可持续创新或生态创新等<sup>[16]</sup>。现有关于绿色创新效率的研究,主要集中在两个方面:一是对绿色创新效率指标评价体系的构建、测算与应用。从效率指标评价体系构建的研究看,学者对传统粗放式经济增长下只考虑经济效益而忽略环境污染的评价体系进行了改进,从投入指标和产出指标入手,根据研究背景加入相关环境变量,将创新和环境纳入同一考核体系,兼顾绿色创新的经济效益和生态收益<sup>[17-20]</sup>;从效率测算方法来看,主要以随机前沿分析法<sup>[21]</sup>、因子分析法<sup>[22]</sup>和数据包络分析法<sup>[23-24]</sup>为主,但是数据包络分析法因解决多投入和多产出问题而受到大多数学者青睐;从应用来看,学者以数据包络分析为基础,主要在省级层面对中国重污染、旅游和高新技术等行业绿色创新效率进行了测算<sup>[24-26]</sup>,还有部分学者以数据包络分析为基础,从时空分异视角探索中国省域和长江经济带的绿色创新效率演变机制<sup>[27-28]</sup>。二是对绿色创新效率影响因素的探索。已有研究大致可以分为外部环境因素和内部驱动因素两类。从外部环境因素看,主要依据市场、制度、资源观、开放式创新和集聚经济等理论,探究金融配置、利益相关者需求、能源结构、环境规制、财政支持、外商投资等因素对绿色创新效率的影响机制,并肯定了知识溢出对绿色创新效率的促进作用<sup>[29-33]</sup>;从内部驱动因素看,研究还较少,已有研究主要聚焦微观层面,从企业规模、研发投入、技术水平、研发人力资本、研发知识存量和内部管理等因素出发,在企业家精神、企业责任、环境承诺、技术推广、市场交易环境、协同创新等多样化视角下,探讨其与绿色创新效率之间的关系<sup>[36-37]</sup>。

关于互联网和产业集聚对绿色创新效率的影响,学术界鲜有研究,多数研究集中于两者对创新或环境污染的机制探讨和实证分析。从互联网角度看,其与创新的现有研究主要集中在两个方面:一是基于企业、行业或机构层面,因互联网搜索和通信等特征,对技术研发成本、时间和质量产生积极影响进而提升了技术创新效率,但因技术应用主体和知识吸收能力差异,互联网对创新的促进作用存在明显的行业异质性<sup>[38-39]</sup>;二是基于区域层面,从邻近创新、高效创新等多角度出发探讨互联网影响区域创新的理论机制,并且通过实证分析,肯定了互联网与区域创新效率之间存在线性、非线性和异质性影响<sup>[40-41]</sup>。从其与环境污染的研究看,大多数学者认为互联网通过提高生产率和能源使用效率、提升公众参与环境治理弥补政府监督不足以及加快环保产业智能化水平等途径,实现企业节能减排,降低环境污染<sup>[42]</sup>。从产业集聚角度看,其对创新效率或环境的影响主要通过外部性产生,因此通过外部性来源,产业集聚被区分为专业化集聚和多样化集聚。专业化集聚也称马歇尔外部性,认为相同行业的企业集聚会促进创新效率<sup>[43]</sup>;多样化集聚也称雅各布斯外部性,认为不同行业的企业集聚能够促进创新效率<sup>[44]</sup>。而产业集聚外部性对创新和环境的影响,是两种集聚模式共同作用的结果<sup>[45]</sup>。但是两者中谁对创新效率的提升作用和生态环境的优化程度更胜一筹,学术界目前尚无定论。

由上可知,现有研究在一定程度上为分析互联网发展、产业集聚与绿色创新效率的关系提供了相关理论和实证经验,但仍有以下不足:一是以往研究多从互联网与创新、互联网与环境污染、产业集聚与创新、产业集聚与环境污染这几类视角入手,研究两两之间的关系,鲜有研究将互联网发展、产业集聚联系起来,并对产业集聚结构加以区分,在创新驱动和环境约束框架下,考察其对绿色创新效率的影响;二是不同区域、不同城市规模和不同资源类型的城市特征存在较大异质性,但鲜有研究考察不同城市特征下绿色创新效率的差异化影响;三是现有研究样本多基于省际层面,鲜有学者从地级市层面考察绿色创新效率的空间集聚、动态传导和溢出效应特征。

本文的边际贡献可能在于:(1)将互联网发展、产业集聚结构和绿色创新效率纳入同一分析框架,考察绿色创新效率的空间特征,丰富了绿色创新效率研究内容,为互联网与产业集群协同提升绿色创新效率提供一个新的视角;(2)应用空间计量方法研究了互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率影响的区域异质性,并以城市规模、城市资源类型作为划分依据,细化了城市绿色创新效率的研究;(3)将视角下沉至城市层面,基于城市面板数据探索互联网发展、产业集聚结构与绿色创新效率的关系,力图为城市层面政策制定和行动实施提供一定边际经验借鉴。

### 三、理论分析与研究假设

### （一）互联网发展与绿色创新效率

互联网作为一种技术，其在跨时空信息传播、获取和应用上的独特优势使得全球社会信息高速整合。内生增长理论认为，全社会知识积累形成的创新活动构成了经济增长的重要动力，而信息生产和传播效率对知识积累至关重要<sup>[46]</sup>。互联网的破时空约束特征，提高了分布式、碎片化信息的凝练、整合与扩散，每个个体都能通过互联网对有利信息进行再加工，在此过程中，信息分享扩散逐渐形成了全社会创新资本积累，推动全社会技术进步，尤其是绿色技术进步构成了绿色经济发展的动力源。互联网发展主要通过以下几个途径对绿色创新效率产生影响：第一，实时化信息交换。企业利用互联网对生产要素的使用情况进行实时在线的远程监控，并且通过与客户的实时互动，使得企业生产经营活动能够根据市场动态需求进行快速调整，从而提高了企业资源配置效率和劳动生产率，且降低了交易成本<sup>[47]</sup>。智能工厂就是利用“互联网+能源管理”模式提高生产系统的能源效率，实现节能减排和绿色生产。第二，规模化柔性定制。互联网时代，企业传统大规模批量化生产模式因网络衍生的客户多样性需求而难以为继，现在企业通过互联网与客户进行实时互动和交流，及时响应客户的个性化需求，实现规模化柔性定制生产。这种模式在降低企业研发成本的同时，也减少了资源的浪费，且提高了产品生产的效率和质量，在缩减研发周期的同时也降低了产品库存，贴合了绿色创新理念<sup>[48]</sup>。第三，智能化流程监管。企业利用互联网建立智能化工厂，实现产品设计、生产、运输、销售、服务的全程管控和流程优化。智能监控对污染行业和企业尤为重要，通过引入智能监控系统，污染企业能够极大提升对污染物的产生和排放监测，进而有利于污染行业和企业相关治污管理措施的实施，从而提升企业清洁生产效率，实现对绿色创新效率的促进<sup>[49]</sup>。基于上述分析，本文提出假设1。

假设1：互联网发展能够提升绿色创新效率。

### （二）互联网发展、专业化集聚与绿色创新效率

专业化集聚是指大量类型单一的企业在某个区域形成集聚。一方面，这些企业因为结构趋同使得彼此之间的技术差异较小，绿色知识溢出障碍较低进而降低了企业绿色研发成本和产学研的市场转化门槛，使得规模效应更容易发挥形成规模经济；另一方面，企业专业化分工更加精细，从而促进了绿色创新技术进步，提高了绿色创新效率。但是，专业化集聚容易形成产业生产模式单一化，企业通过相互模仿导致绿色创新行为趋同，且缺乏前后关联<sup>[50]</sup>；其次，因为技术专用性特征，专业化集聚形成的绿色知识溢出被约束在行业内部进行技术交流和信息扩散，导致其在不同行业的溢出路径被阻断。因此，专业化集聚模式形成的行业空间边界，使得绿色知识难以在这种封闭式系统下发挥外部性溢出，导致产业形成技术锁定和路径依赖<sup>[51]</sup>，从而限制了绿色创新效率的提升。另外，专业化集聚趋向于形成垄断性市场结构，降低了企业绿色创新动力，导致创新行为和经济增长难以发挥环境效益，从而降低了其对绿色经济效率的改善作用和对绿色创新效率的提振作用<sup>[52]</sup>。再者，如果结构单一的专业化集聚缺乏合理有效的监督、管理和引导，产业和技术趋同导致企业之间容易形成创新技术的盲目借鉴，从而抑制企业生产中节能减排效应的发生<sup>[53]</sup>，对绿色创新效率的提升产生阻碍。因此，专业化集聚对绿色创新效率的影响存在两种情况，最终结果由回归结果而定。当企业引入互联网，通过互联网与企业融合发挥合力效应，能够扭转专业化集聚对绿色创新效率的不利影响。第一，互联网发展能够让绿色知识溢出频率加快，进一步降低企业绿色研发成本，进而提升绿色创新效率；第二，企业能够利用互联网实现单一产业结构升级和优化，提升资源配置和利用效率，且通过信息技术，对外来绿色创新技术进行精准识别，择选出适合企业的绿色创新技术；第三，因产业结构相似，各企业之间技术壁垒较低，企业之间利用互联网构筑联合治污体系，从而发挥专业化集聚的优势。基于此，本文提出假设2、假设3。

假设2：专业化集聚对绿色创新效率的影响不确定；

假设3：互联网发展与专业化集聚共同作用能够促进绿色创新效率。

### （三）互联网发展、多样化集聚与绿色创新效率

多样化集聚是指不同类型的企业在某个区域集聚。首先，多样化集聚使得具有差异性的企业集聚到一起，各个企业之间通过思维碰撞和相互学习，促进了知识的互补和交换，且推动了知识生产和溢出，形成“知识蓄水池”的多元化结构。同时，多样化集聚产生的多样化技能需求促进了区域“劳动力蓄水池”的多元化，多样化知识和人力集聚为企业进行绿色技术研发创造了有利条件，且通过降低绿色技术研发风险提高了企业绿色技术转化率，从而提升了绿色创新效率。其次，多样化集聚相比于专业化集聚更为开放，其竞争力更强且容易形成竞争型市场结构<sup>[54]</sup>，创新成为企业立足市场的关键能力，以此推动了企业的绿色技术创新效率。最后，多样化集聚使得行业之间形成互补，从而满足企业之间对生产要素的多样化需求，以此降低企业原材料运输和交易成本，在一定程度上减少了单位非期望产出，并节约了资源<sup>[55]</sup>。此外，多样化集聚模式下，不同行业的企业间能够形成具有共生效应的产业链条，此产业链上任何企业的治污技术提升都会降低整个产业链的治污成本<sup>[56]</sup>。且产业链为企业协同绿色创新创造了条件，进一步通过绿色创新技术共享，有利于形成循环经济，实现资源的优化整合和节能减排<sup>[57]</sup>。在互联网发展的支持下，企业通过信息网络进一步加快了每个阶段的知识交流频率和效率，有利于绿色技术进步。基于此，本文提出假设 4、假设 5。

假设 4：多样化集聚能够促进绿色创新效率；

假设 5：互联网发展与多样化集聚共同作用能够促进绿色创新效率。

#### 四、计量模型、变量选取与数据来源

##### （一）计量模型构建

基于上述分析，本文将在空间上探讨互联网发展、产业集聚结构与绿色创新效率的相互影响。因此，本文将空间交互作用引入一般性的线性模型中，并将空间滞后、空间误差模型相结合，形成更适合本文的空间杜宾（Dubin）模型。此外，因绿色创新效率纳入了体现环境污染的非期望产出，而环境污染具有波及范围广和流动性强等特征，因此，本文兼顾绿色创新下的环境污染动力学特征，将绿色创新效率滞后一期纳入回归，减小了静态空间杜宾模型因时空锁定可能造成的系统性偏误。构建动态空间杜宾模型如下：

$$\begin{aligned}
 GI_{it} = & \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} GI_{jt} + \alpha_1 GI_{it-1} + \alpha_2 rzi_{it} (rdi_{it}) + \\
 & \alpha_3 inter_{it} + \alpha_4 \sum_{i \neq j}^N W_{ij} rzi_{it} (rdi_{it}) + \\
 & \alpha_5 \sum_{i \neq j}^N W_{ij} inter_{it} + \sum_{k=1}^6 \delta_{ik} x_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}$$

为进一步研究互联网发展对绿色创新效率的关联效应，本文在理论模型中加入互联网发展与专业化和多样化集聚的交乘项，建立如下模型：

$$\begin{aligned}
 GI_{it} = & \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} GI_{jt} + \alpha_1 GI_{it-1} + \alpha_2 rzi_{it} (rdi_{it}) + \\
 & \alpha_3 inter_{it} + \alpha_4 \sum_{i \neq j}^N W_{ij} rzi_{it} (rdi_{it}) + \\
 & \alpha_5 \sum_{i \neq j}^N W_{ij} inter_{it} + \alpha_6 inter_{it} \times rzi_{it} (rdi_{it}) + \\
 & \sum_{k=1}^6 \delta_{ik} x_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}$$

其中： $i$  代表城市； $t$  代表年份； $GI_{it}$  代表绿色创新效率； $GI_{it-1}$  代表绿色创新效率滞后一期项； $rziit$  代表专业化集聚水平； $rdivit$  代表多样化集聚水平； $inter_{it}$  代表互联网发展水平； $X$  代表控制变量，包含交通（ $roadit$ ）、经济发展（ $rgdpit$ ）、贸易开放（ $fdiit$ ）、政府支持（ $govit$ ）、金融发展（ $finit$ ）和人力资本（ $humit$ ）水平； $\rho$  为绿色创新效率的空间溢出系数； $\alpha_0, \dots, \alpha_n$  均为待估参数； $W_{it}$  为空间权重矩阵； $\mu_i$ 、 $\theta_t$  分别为个体固定效应和时间固定效应； $\varepsilon_{it}$  为扰动项。

## （二）空间权重矩阵

### 1. 地理距离矩阵（ $W_1$ ）

根据地理学第一定律，万物之间相互关联，且两种事物距离越近则联系越紧密。因此本文的地理距离矩阵用两地之间距离平方的倒数衡量。具体定义如下：

$$W_1 = \begin{cases} 0, & i = j; \\ 1/d_{ij}^2, & i \neq j \end{cases}$$

其中， $d_{ij}$  代表城市  $i$  和城市  $j$  之间的地理距离。

### 2. 经济地理矩阵（ $W_2$ ）

地理距离仅反映地理因素影响，实际上，绿色创新效率还受到经济发展制约，因此，本文结合地理和经济两个维度构建经济地理权重矩阵如下：

$$W_a = \begin{cases} 1, & i = j; \\ \frac{1}{|\ln rgdp_i - \ln rgdp_j| + 1}, & i \neq j \end{cases}$$

$$W_b = \begin{cases} 0, & i = j; \\ 1/d_{ij}^2, & i \neq j \end{cases}$$

$$W_2 = W_a W_b$$

其中： $W_a$  代表经济权重矩阵； $rgdpi$ 、 $rgdpj$  分别表示城市  $i$  和城市  $j$  的年人均 GDP； $W_b$  代表地理权重矩阵； $W_2$  代表经济地理权重矩阵。

## （三）空间相关性检验

全局 Moran 检验。在进行空间杜宾模型估计之前，需要判断绿色创新效率是否存在空间依赖性。当前学者主要利用全局 Moran' sI 指数检验指标空间依赖特征，Moran' sI 的取值范围在  $(-1, 1)$  之间，若 Moran' sI 值小于零且显著，表示指标存在高低集聚效应；若 Moran' sI 等于零且显著，表示指标不存在空间效应，即指标发展是随机分布的；若 Moran' sI 大于零，表示指标存在高高集聚和低低集聚效应。指标 Moran' sI 计算公式如下：

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij}}$$

其中： $S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2$ ； $\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$ ； $Y_i$ 表示城市  $i$  的测算指标； $N$ 表示样本总量； $W_{ij}$ 为空间权重矩阵。

#### （四）变量选取

##### 1. 被解释变量

绿色创新效率（GI）。数据包络分析法在处理不固定数据单位和不指定生产函数形式的效率计算上体现出非参数方法的巨大优势。传统径向 DEA 方法规避了松弛变量对效率、随机误差对各个主体的影响，而非径向和非角度的 SBM 模型不仅可以区别有效决策单元效率大小，而且解决了计算过程中可能出现的非零松弛问题和非期望产出问题。因此，本文基于非径向非角度超效率 SBM 模型，进一步借鉴李金滢等<sup>[58]</sup>的研究，在测算全局 Malmquist-Luenberger 指数的基础上，借鉴赵玉林和陈泓兆<sup>[59]</sup>的做法，以 2004 年为基期进行累乘得到各年份 GML 指数，即各城市的绿色创新效率值。变量选取具体如下：

（1）投入要素。投入要素分为资本投入、劳动投入和能源投入三项指标。资本投入使用资本存量，参考张军等<sup>[60]</sup>做法，折旧率选取 9.6%，对基期资本存量的处理借鉴 Young<sup>[61]</sup>的方法，即将基年固定资产投资额乘以 10 倍来表示；劳动投入使用科技人员数量和水利、水电以及公共服务人数表示<sup>[58]</sup>；考虑绿色创新是兼顾环境效益和低能耗的创新模式，本文选取水、电、石油气和天然气四类消费总量，并通过熵值法测算出能源消费指数作为能源投入代理值。

（2）期望产出。绿色创新最终目的是实现创新增长和绿色发展，而创新增长包含经济和创新产出两方面。分别采用 GDP 总量和专利申请授权量衡量经济产出和创新产出，其中，GDP 以 2004 年为基期进行了折价处理。借鉴张节和李千惠<sup>[62]</sup>的做法，采用城市绿化覆盖率衡量生态收益。

（3）非期望产出。绿色创新在要求期望产出最大化时，还需要控制环境污染最小化，因此，本文利用工业二氧化硫、废水和烟粉尘排放量表示非期望效益，并且进一步利用熵值法求出环境污染指数作为非期望产出代理值。

##### 2. 核心解释变量

（1）专业化集聚指数（rzi）。为比较不同城市之间的差异，采用相对专业化指数衡量专业化水平<sup>[58]</sup>。具体计算公式如下：

$$rzi_i = \max_j \frac{s_{ijt}}{s_{jt}}$$

其中： $s_{ijt}$ 表示  $t$  年城市  $i$  产业  $j$  的就业人数占城市  $i$  总就业人数的比例； $s_{jt}$ 表示  $t$  年产业  $j$  就业人数占全国所有城市就业总人数的比例。该指数越大，说明产业专业化水平越高。

（2）多样化集聚指数（rdi）。同样，为比较不同城市之间的差异，采用改进的赫芬达尔（HDI）指数衡量多样化水平<sup>[58]</sup>。具体计算公式如下：

$$rdi_i = \frac{1}{\sum_j |s_{ij} - s_{jt}|}$$

其中， $s_{ijt}$  和  $s_{jt}$  定义同上。该指数越大，说明产业多样化水平越高。行业就业数据来自中国城市三次产业 19 个行业的细分数据。

(3) 互联网发展 (inter)。单纯地采用互联网普及率、网络接口数或者域名数不能全面和客观地反映城市互联网发展水平，因此本文在考虑数据可获得性基础上，借鉴唐红涛和李胜楠<sup>[63]</sup>的做法，选取计信软件单位从业人数、人均邮政电信业务总量、移动电话年末用户数和互联网用户数四个指标，进一步借鉴杨丽和孙之淳<sup>[64]</sup>的做法，采用面板熵值法测算各城市各个年份互联网发展水平。

### 3. 控制变量

为更准确分析互联网发展、产业集聚结构和绿色创新效率三者之间的关系，本文还控制了可能影响绿色创新效率的以下变量：(1) 交通水平 (road)，利用城市人均道路面积表示；(2) 经济发展水平 (rgdp)，采用城市人均 GDP 衡量；(3) 贸易开放水平 (fdi)，选取城市进出口总额占 GDP 比重刻画；(4) 政府支持 (gov)，应用政府财政支出占 GDP 比重反映；(5) 金融发展 (fin)，选取城市金融机构年末存贷款余额与 GDP 的比值描述；(6) 人力资本 (hum)，采用普通高等学校在校学生数与城市总人口比值表征。此外，为消除异方差的影响，本文对所有变量进行了对数处理。

### (五) 数据来源

本文选取中国 2004—2018 年 269 个地级市的面板数据进行实证分析。所使用的数据主要来自《中国区域经济统计年鉴》《中国城市统计年鉴》和 EPS 统计数据库。变量的描述性统计见表 1 所列。

表 1 变量描述性统计

变量类型	变量	变量含义	变量总数	最小值	最大值	平均值	标准差
被解释变量	GI	绿色创新效率	4035	-0.9014	6.6083	1.5982	1.2614
核心解释变量	inter	互联网发展	4035	-1.8091	4.3540	1.1037	0.8947
	rzi	专业化集聚	4035	0.2011	3.9241	1.0554	0.6095
	rdi	多样化集聚	4035	-0.3597	1.9491	0.8010	0.3949
控制变量	road	交通水平	4035	-1.1558	1.4099	0.9348	0.2003
	rgdp	经济发展	4035	4.5951	15.6752	10.2798	0.7889
	fdi	贸易开放	4035	-8.5172	3.0848	0.0146	1.3870
	gov	政府支持	4035	1.0888	4.2306	2.6591	0.4437
	hum	金融发展	4035	-5.0515	2.5736	-0.1269	1.1116
	fin	人力资本	4035	-0.6771	2.1722	0.6485	0.4005

## 五、实证分析

(一) 空间相关性结果分析

基于地理距离权重矩阵和经济地理权重矩阵,采用 Moran 指数法对绿色创新效率进行空间相关性检验,由 stata15 软件得出相关结果见表 2 所列,相应的 Moran 散点变化如图 1、图 2 所示。从表 2 可以看出,我国地级市在考察期内,绿色创新效率的 Moran' sI 值在至少 10%显著性水平上显著为正,且图 1 和图 2 反映出散点随时间变化向一、三象限集中,说明在全域范围内,城市绿色创新效率存在显著的空间正向关联性和集群性特征,其发展对临近地区绿色创新效率的提升具有积极作用。因此,提升绿色创新效率将对经济可持续发展 and 区域创新环境改善形成区际良性循环。

表 2 莫兰检验

年份	W1		W2	
	Moran' s I 值	Z 值	Moran' s I 值	Z 值
2005	0.035*	1.484	0.013**	2.162
2006	0.083***	3.223	0.009*	1.569
2007	0.085***	3.360	0.033***	4.684
2008	0.098***	3.864	0.031***	4.434
2009	0.140***	5.448	0.049***	6.606
2010	0.139***	5.400	0.054***	7.209
2011	0.135***	5.249	0.054***	7.290
2012	0.153***	5.923	0.061***	8.178
2013	0.162***	6.252	0.062***	8.218
2014	0.175***	6.763	0.065***	8.683
2015	0.162***	6.269	0.061***	8.174
2016	0.165***	6.384	0.064***	8.546
2017	0.155***	5.994	0.059***	7.886
2018	0.161***	6.210	0.059***	7.876

注: \*、\*\*、\*\*\*分别表示 10%、5%、1%的显著性水平。

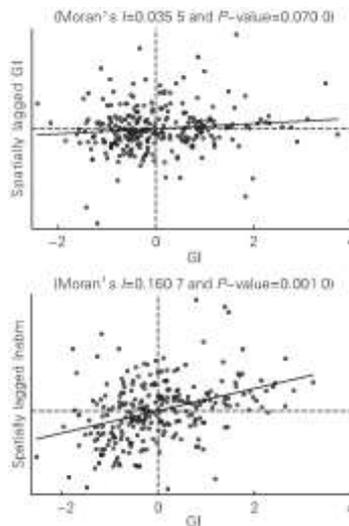


图 1 绿色创新效率变化（基于  $W_1$  矩阵）

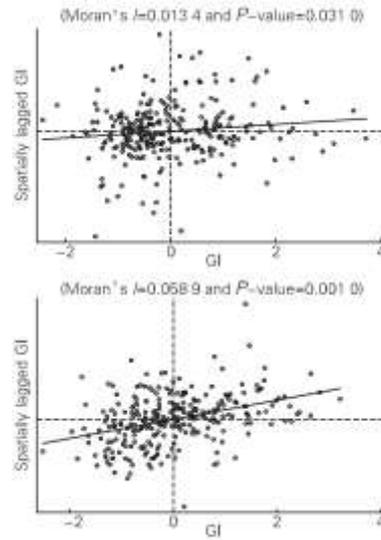


图 2 绿色创新效率变化（基于  $W_2$  矩阵）

## （二）直接效应和关联效应分析

由于城市个体差异和跨时期因素可能导致估计结果产生偏误，本文将模型设定为城市个体双固定动态空间杜宾模型，并对其进行 LR 和 Wald 检验以验证模型稳定性。可以发现，双固定空间杜宾模型在 1% 的显著性水平上通过了 LR 和 Wald 检验，因此本文利用双固定动态空间杜宾模型研究绿色创新效率是合理的。

从被解释变量看，绿色创新效率滞后期在 1% 的显著性水平上显著为正，说明绿色创新效率具有显著的时空滞后效应，即绿色创新效率在时空上存在“路径依赖”，说明前期的绿色技术和知识积累将对后期绿色创新产生积极影响。绿色创新效率的相关系数  $\rho$  通过 1% 的显著性检验且为正，表明绿色创新效率存在明显的区际互动，即本地绿色创新效率提升将对邻近地区的绿色创新效率产生积极影响。

模型（1）（3）（5）（7）中，互联网发展系数均在 1% 的水平上通过显著性检验且为正，表明互联网发展能够显著促进绿色创新效率，这也证明了假设 1 的正确性。进一步从绿色技术创新角度出发，本文认为互联网发展促进绿色创新效率主要体现在两个方面：一是提振绿色创新技术进步。互联网发展直接降低了信息搜寻成本，实现了知识共享，新兴绿色技术通过互联网进行更加高效的研发、传播与应用，创新主体人员实现对新技术的掌握和经验积累，因此，互联网发展通过技术溢出效应促进“干中学”，有助于提升绿色创新技术进步。二是提升绿色创新技术效率。首先，在绿色创新成果研发阶段，创新主体依托互联网技术实现创新资源的高效积累，减少了资源浪费，提升了创新资源使用效率；其次，研发过程中以互联网为媒介加快信息沟通和决策的效率，节约了时间成本，从而促进绿色技术研发进程；最后，在绿色创新成果转化和应用阶段，互联网发展降低交易成本，加快市场交易速度，提升了绿色创新成果的市场化效率。因此，互联网发展通过提升绿色创新技术进步和绿色创新技术效率，促进了绿色创新效率。

模型（1）和模型（3）中，专业化集聚的估计系数在 1% 的水平上显著为负，说明专业化集聚抑制了绿色创新效率，证明了假设 2 的正确性。可能的原因在于：首先，城市产业专业化集聚造成的“拥挤效应”导致资源稀缺，企业为争夺稀缺资源导致恶性竞争，挤出了绿色创新投资的正外部性收益；其次，专业化集聚导致行业内部产生知识趋同现象，造成企业绿色创新行为

“搭便车”现象，不利于绿色创新效率提升；最后，地方政府在引导同类产业集聚时重产业规模，轻市场导向，导致专业化集聚并非合理化集聚，使其对绿色创新效率没有形成实质性提升作用。进一步观察模型（2）和模型（4），发现专业化集聚与互联网发展的交互项至少在 10%的水平上显著为正，说明互联网发展与专业化集聚共同作用能够促进绿色创新效率提升，这也证明了假设 3 的正确性。网络衍生市场多元化需求的同时也拓宽了公众等社会主体参与环境治理的渠道，加之政府污染监管使得企业重视绿色创新技术的研发应用，以及企业之间较低的技术交流门槛，使得企业增加了绿色创新行为，从而促进绿色创新效率。

模型（5）和模型（7）中，多样化集聚的估计系数在 1%的水平上显著为正，说明多样化集聚能够显著促进绿色创新效率，证明了假设 4 的正确性。进一步分析其原因可能在于：多样化集聚让各类企业根据互补性需求建立共生机制，由此形成上下游产业链条，链条中部分企业的绿色创新将会对整个产业链带来优化，绿色创新技术通过产业链形成良性循环，使得多样化集聚的正外部性显现。此外，各类创新主体之间通过知识分享和交流，更容易形成绿色创新“技术池”，有利于绿色创新效率的提升。进一步观察模型（6）和模型（8），可知多样化集聚与互联网发展的交互项为正且通过 1%水平的显著性检验，说明多样化集聚和互联网发展共同作用能够显著促进绿色创新效率，这也证明了假设 5 的正确性。多样化集聚利用互联网完善共生机制，将产业链条更加紧密地联系起来，绿色创新技术通过互联网更快地产生溢出，加快了产业链条的良性循环。此外，通过互联网发展带来的信息传播优势，“技术池”的知识更新和积累速度更快，也加快了绿色创新技术溢出，从而有利于提高绿色创新效率。

### （三）异质性检验

上述实证结果表明，互联网发展、产业集聚结构和绿色创新在全域空间上存在较强的关联性，但在局域空间上，由于城市经济、规模和资源禀赋等一系列原因，可能表现出相反或者完全相悖的结论。因此，本文从城市区际、城市规模和城市资源三个维度作为城市划分依据，进一步拓展分析其异质性。

#### 1. 区域异质性

首先，考虑产业集聚具有明显的经济导向特点，将 269 个城市划分为东部、中部、西部和内陆、沿海地区五大类。进一步通过模型适用性检验，依旧采用个体时间双固定的动态空间杜宾模型进行分析。从整体上看，不同区域主要变量的显著性和方向均存在一定程度的差异。从被解释变量看，其滞后一期在五类地区均在 1%的水平上显著；从空间效应看，模型（5）和模型（10）不显著，而在其余模型中显著。以上结果表明，绿色创新效率的“空间溢出”和“路径依赖”效应在不同区域出现分化特征，即不同区域绿色创新效率存在时空差异。

从东中西分类角度看，东部、中部和西部的专业化集聚均在 1%的显著性水平上抑制了绿色创新效率的提升；而多样化集聚的影响产生明显差异，具体而言，多样化集聚分别在 1%和 10%的水平上显著促进了东部和西部绿色创新效率，而对中部绿色创新效率的抑制作用不显著。从两者与互联网发展的交互项来看，东部和中部专业化集聚与互联网发展的交互项系数在 1%的水平上显著为正，而西部的交互项系数为负但不显著；中部和西部多样化集聚与互联网发展的交互项系数在 1%的水平上显著为正，而东部的交互项系数为正但不显著。从沿海和内陆来看，专业化集聚对内陆绿色创新效率的促进作用不显著，而在 1%的水平上抑制了沿海绿色创新效率。多样化集聚对内陆的促进作用不显著，而在 1%的显著性水平上促进了沿海绿色创新效率。从交互项来看，至少在 10%的显著性水平上显著为正，说明专业化集聚和多样化集聚与互联网发展共同作用能够提升内陆和沿海的绿色创新效率。回归结果表明，互联网发展能够在一定程度上纠偏或者减小专业化、多样化集聚对绿色创新效率的不利影响。由于经济水平、互联网发展差距导致回归的多样化差异，互联网与专业化、多样化集聚对绿色创新效率的关联作用使得某些城市逐渐由生产型技术创新向绿色技术创新转变，但是由于绿色技术创新的时间和成本风险，多数欠发达城市更倾向于“模仿式创新”，导致转变过程较为缓慢。

#### 2. 规模异质性

(1) 城市人口规模异质性。众所周知，城市人口扩张虽然为创新人力资本积累提供了良好环境，但也是导致污染排放增加的重要因素之一，进而影响城市绿色创新发展。因此，借鉴于斌斌<sup>[65]</sup>的做法，将大规模城市设定为辖区人口超过 200 万人的城市，大中规模城市设定为辖区人口 100~200 万人的城市，中等规模城市设定为辖区人口 50~100 万人的城市，小规模城市设定为辖区人口在 50 万人以下的城市，由此探究不同人口规模下三者之间的关系。通过检验，仍然采用动态空间杜宾模型。从估计结果看，被解释变量的滞后一期系数在 1%的水平上显著为正，而估计参数存在明显差异，大规模和大中规模城市的估计系数较大，中等规模和小规模城市估计系数较小。时空效应在各类型规模城市显著为正。

上述结果表明，不同规模城市绿色创新效率存在明显的“路径依赖”。

从核心解释变量看，专业化集聚在 1%的水平上显著抑制了大规模和小规模城市的绿色创新效率，而对中等规模城市绿色创新效率的抑制作用不显著，却在 1%的水平上显著促进了大中规模城市绿色创新效率。多样化集聚在 1%的水平上显著促进了大规模、大中规模城市绿色创新效率，对小规模城市绿色创新效率的促进作用不显著，而对中等规模城市绿色创新效率的抑制作用不显著。这也说明专业化和多样化集聚对绿色创新效率的异质性影响在城市人口规模层面同样存在。从关联效应看，专业化集聚与互联网发展共同作用显著提升了大规模、大中规模和中规模城市绿色创新效率，对小规模城市绿色创新效率的促进作用不显著；多样化集聚与互联网发展共同作用显著提升了大规模、大中规模和小规模城市绿色创新效率，而对中等规模城市绿色创新效率的提升作用不显著。回归结果呈现多边差异的原因可能在于：城市人口规模较小时，一方面囿于市场体量和互联网发展水平，加之资金、技术和劳动力资源有限，企业在为争夺有限资源和争取市场份额中形成恶性竞争，降低了绿色创新技术研发水平；另一方面政府为追求经济绩效仍在开展 GDP 竞赛，导致绿色技术创新投入在政府财政支出比重中略显不足，使得专业化和多样化集聚对绿色创新效率产生抑制作用。城市规模达到一定程度时，城市在市场空间、网络基础设施、资本和劳动各方面均能满足城市绿色经济发展的需求，市场体量扩大导致城市对产业集群的包容性增大，专业化和多样化集聚均能够提升绿色创新效率。当城市规模足够大，专业化集聚不能满足城市市场的多样化需求，且专业化集聚将对城市资源造成浪费，降低资源配置效率，不利于城市经济可持续发展。而多样化集聚能够满足市场多样化需求，在互联网的支持下，更有利于形成产业互补、加快知识交换和绿色创新成果的出现，从而提升了绿色创新效率。

(2) 城市等级异质性。本文进一步将中国地级市划分为一线、二线、三线和四线城市，探索在不同城市等级下，互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率的异质性影响。结果表明，专业化集聚在 1%的水平上显著促进了一线城市和二线城市的绿色创新效率，且对一线城市的促进作用要强于二线城市，而抑制了四线城市绿色创新效率，对三线城市绿色创新效率的抑制作用不显著。多样化集聚在 1%的水平上显著促进了四类城市的绿色创新效率，且促进效果随着城市等级增加而逐渐提升。互联网发展显著促进了一线城市、二线城市和三线城市的绿色创新效率，对四线城市的促进作用不明显。从交互项来看，专业化和多样化集聚与互联网发展的交互项均在 1%的水平上显著促进了绿色创新效率，且促进效果随城市等级规模的增加而增加。从整体上看，多样化集聚对绿色创新效率的影响比专业化集聚更大，这在一定程度上为城市提升绿色创新效率而进行产业集聚模式转型路径提供了一定参考，在经济发达城市，广阔的市场空间为产业专业化集聚和多样化集聚提供了支撑环境，但是在中国日益凸显绿色可持续发展、加强政府绿色指标政绩考核模式下，无论是专业化集聚还是多样化集聚模式，均需要重视绿色创新，利用互联网研发或改进绿色创新技术和环保产品，在提高创新效率的同时兼顾环境利益。实际上，从本文专业化和多样化集聚指数测算结果中可以看出，经济欠发达城市多以专业化集聚为主，同质类企业表现出更多的创新惰性，不愿意在技术研发上投入更多的具有风险的绿色创新投资，此外，互联网设施的相对欠缺也降低了两者的合力效果，导致交互项随城市等级规模下降呈递减趋势。

(3) 资源型城市异质性。资源型城市因资源禀赋优势，产业集聚结构更倾向于专业化，为此，本文进一步研究互联网发展、产业集聚结构对资源型城市和非资源型城市绿色创新效率影响的异质性。结果表明，被解释变量滞后一期显著为正，说明资源型和非资源型城市绿色创新效率受到前一期的影响。从核心解释变量看，专业化集聚对资源型城市绿色创新效率的促进作用未通过显著性检验，而在 1%的水平上显著抑制了非资源型城市的绿色创新效率。多样化集聚分别在 1%和 5%的水平上显著促进了资源型城市和非资源型城市绿色创新效率，且对资源型城市的促进效果更明显。从交互项来看，专业化和多样化集聚与互联网发展共

同作用在至少 5%的水平上更好地促进了资源型城市绿色创新效率。相对于非资源型城市，资源型城市肩负着原料供应和保持经济增长两个关键角色，但是以往资源型城市以煤炭、冶金和炼焦等产业为主形成“黑大粗”的经济发展模式，行业创新受制于环境和经济“零和博弈”的发展困境，导致产业多以生产型技术创新为主忽视了环境保护，从而影响了城市可持续发展和绿色创新效率。为引导资源型城市向“高精尖”转型，国务院在 2013 年发布了《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020 年）》，明确了不同类型城市的发展方向 and 重点任务，“绿水青山就是金山银山”“以绿增金”成为资源型城市绿色转型主旋律。估计结果一方面肯定了资源型城市专业化转型已经取得一定成效，提高了资源配置和使用效率，从而提升了绿色创新效率，另一方面也说明资源型城市绿色创新效率的提升需要更为多样化的产业集聚模式。此外，不能忽略互联网发展的调节作用，互联网发展在一定程度上缓解了资源型城市因专业化集聚产生的技术锁定和结构锁定效应，在城市转型中加快了知识溢出和绿色创新技术溢出，进而提升了绿色创新效率。

#### （四）稳健性检验

为了检验实证结果的稳健性，本文通过以下两种做法进行稳健性检验：第一，改变核心解释变量衡量方式，借鉴李琳等<sup>[66]</sup>的研究，根据互联网普及率和互联网投资水平加权求和得出互联网发展水平；第二，改变权重矩阵，用各城市 GDP 构建经济权重矩阵作为新的权重矩阵纳入回归。可以发现，更换核心解释变量衡量形式和空间权重矩阵后，核心解释变量的显著性和系数方向性均未发生明显变化，说明本文实证结果稳健可靠。

## 六、结论与建议

本文基于 2004—2018 年中国 269 个地级市组成的城市面板数据，通过经济和地理属性构建两种空间权重矩阵，利用动态空间杜宾模型，实证研究了互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率的影响。主要研究结论如下：中国绿色创新效率在各城市之间存在显著的空间正相关；在全域空间上，互联网和多样化集聚显著促进了绿色创新效率，专业化集聚显著抑制了绿色创新效率；同时，在互联网发展的支持下，专业化集聚和多样化集聚对绿色创新效率表现出显著的促进作用；此外，由于城市在地域经济水平、规模和资源上存在差异，互联网发展、产业集聚结构对绿色创新效率的影响在不同背景下呈现出异质性特征。基于以上研究结论，为更好地利用互联网与产业集聚协同促进绿色创新效率提升，本文提出以下建议：

（1）加大产业互联网基础设施建设投入水平，建设普惠互联网，缩小区域行业之间的信息化差距和数字鸿沟。本文研究证明，互联网发展对绿色创新效率贡献明显，而中国目前区域互联网发展的提升空间巨大，因此，政策制定者需扩大互联网投资规模和强度，加快互联网以及相关衍生产业的发展进程，增加对基础信息网络技术的资金投入，补齐技术短板。此外，政策制定者应重视新兴前沿技术创新，利用区块链、大数据、5G、IPv6、人工智能等构建互联网发展新框架，建立互联网思维新理念，在保障无线网络更为广泛覆盖的基础上，提高企业对互联网的应用水平，推进绿色技术进步。

（2）根据城市经济水平、人口规模合理布局产业集聚的类型，政府在制定相关政策时应因地制宜、因城施策。此外，加快“互联网+”战略落地，政府需积极落实互联网产业政策，通过专项补贴、财政支持和绿色创新激励等方式加大对互联网产业的投入，打造智能制造产业链，改善企业数字化发展环境，鼓励和扶植传统产业集群利用“互联网+”进行产业转型，以此降低研发成本，加快绿色创新技术的市场转化率，激发城市产业集聚的正外部性，发挥互联网与专业化和多样化集聚对绿色创新效率的提振作用。

（3）城市在引导产业集聚时应充分考虑自身禀赋，以发挥专业化集聚和多样化集聚优势。对资源型城市而言，应继续提高互联网水平，以互联网为基础加快培育新业态和新模式，促进互联网与资源产业融合，优化产业结构，加快绿色转型，走出资源舒适区。对非资源型城市而言，合理引导产业之间形成协同集聚，为企业之间协同创新创造良好环境，通过互联网技术打造上下游产业链之间的绿色可持续发展链条，在优化资源配置、实现技术溢出的同时，助力城市高质量发展。

---

## 参考文献:

- [1]李廉水,程中华,刘军.中国制造业“新型化”及其评价研究[J].中国工业经济,2015(2):63-75.
- [2]李江龙,徐斌.“诅咒”还是“福音”:资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长?[J].经济研究,2018,53(9):151-167.
- [3]原毅军,谢荣辉.环境规制与工业绿色生产率增长——对“强波特假说”的再检验[J].中国软科学,2016(7):144-154.
- [4]BOONS F,LÜDEKE-FREUND F.Business Models for Sustainable Innovation:State-of-the-art and Steps Towards a Research Agenda[J].Social Science Electronic Publishing,2013(2):9-19.
- [5]CHEN J,CHENG J,DAI S.Regional Eco-innovation in China:An Analysis of Eco-innovation Levels and Influencing Factors[J].Journal of Cleaner Production,2017,153:1-14.
- [6]GAO Y, TSAI S B, XUE X, et al. An Empirical Study on Green Innovation Efficiency in the Green Institutional Environment[J]. Sustainability, 2018(3):724-737.
- [7]张斌,沈能.集聚外部性、异质性技术和区域创新效率[J].科研管理,2020,41(8):49-59.
- [8]韩峰,李玉双.产业集聚、公共服务供给与城市规模扩张[J].经济研究,2019,54(11):149-164.
- [9]沈运红,黄桁.产业互联网对浙江省制造业集聚程度影响的实证研究——基于浙江省2008-2017年面板数据[J].科技管理研究,2020,40(17):188-196.
- [10]James P. The Sustainability Cycle:A New Tool for Product Development and Design[J]. The Journal of Sustainable Product Design, 1997(2):52-57.
- [11]MIRATA M, EMTAIRAH T. Industrial Symbiosis Networks and the Contribution to Environmental Innovation:The Case of the Landskrona Industrial Symbiosis Programme[J]. Journal of Cleaner Production, 2005, 13(10/11):993-1002.
- [12]朱承亮,刘瑞明,王宏伟.专利密集型产业绿色创新绩效评估及提升路径[J].数量经济技术经济研究,2018,35(4):61-79.
- [13]RENNINGS K. Redefining Innovation-eco-innovation Research and the Contribution from Ecological Economics[J]. Ecological Economics, 2000, 32(2):319-332.
- [14]朱建峰,郁培丽,石俊国.绿色技术创新、环境绩效、经济绩效与政府奖惩关系研究——基于集成供应链视角[J].预测,2015,34(5):61-66.
- [15]SHU C L, ZHOU K Z, XIAO Y Z, et al. How Green Management Influences Product Innovation in China:The Role of Institutional Benefits[J]. Journal of Business Ethics, 2016, 133(3):471-485.
- [16]冉启英,王健龙,杨小东.财政分权、环境分权与中国绿色发展效率——基于地级市层面的空间杜宾模型研究[J].华东经

---

济管理, 2021, 35(1):54-65.

[17]SHARMA S, THOMAS V J. Inter-country R&D Efficiency Analysis:An Application of Data Envelopment Analysis[J]. Scientometrics, 2008, 76(3):483-501.

[18]苏越良, 何海燕, 尹金龙. 企业绿色持续创新能力评价体系研究[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(20):139-142.

[19]曹霞, 于娟. 绿色低碳视角下中国区域创新效率研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(5):10-19.

[20]钱丽, 王文平, 肖仁桥. 共享投入关联视角下中国区域工业企业绿色创新效率差异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5):27-39.

[21]白俊红, 江可申, 李婧. 应用随机前沿模型评测中国区域研发创新效率[J]. 管理世界, 2009(10):51-61.

[22]赵琳, 范德成. 我国高技术产业技术创新效率的测度及动态演化分析——基于因子分析定权法的分析[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(11):111-115.

[23]WANG W, YU B, YAN X, et al. Estimation of Innovation's Green Performance:A Range-adjusted Measure Approach to Assess the Unified Efficiency of China's Manufacturing Industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 149(15):919-924.

[24]吴超, 杨树旺, 唐鹏程, 等. 中国重污染行业绿色创新效率提升模式构建[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5):40-48.

[25]刘佳, 宋秋月. 中国旅游产业绿色创新效率的空间网络结构与形成机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(8):127-137.

[26]杨浩昌, 李廉水, 张发明. 高技术产业集聚与绿色技术创新绩效[J]. 科研管理, 2020, 41(9):99-112.

[27]刘章生, 宋德勇, 弓媛媛. 中国绿色创新能力的时空分异与收敛性研究[J]. 管理学报, 2017, 14(10):1475-1483.

[28]杨树旺, 吴婷, 李梓博. 长江经济带绿色创新效率的时空分异及影响因素研究[J]. 宏观经济研究, 2018(6):107-117, 132.

[29]HASHIMOTO A, HANEDA S. Measuring the Change in R&D Efficiency of the Japanese Pharmaceutical Industry[J]. Research Policy, 2008, 37(4):1829-1836.

[30]何小钢. 绿色技术创新的最优规制结构研究——基于研发支持与环境规制的双重互动效应[J]. 经济管理, 2014, 36(11):144-153.

[31]王鹏, 曾坤. 创新环境因素对区域创新效率影响的空间计量研究[J]. 贵州财经大学学报, 2015(2):74-83.

[32]OLSON E L. Perspective:The Green Innovation Value Chain:A Tool for Evaluating the Diffusion Prospects of Green Product[J]. Journal of Product Innovation Management, 2013, 30(4):782-793.

- 
- [33]吕洪燕, 乔朋华. 中国工业绿色创新效率地区差异及其驱动因素分析[J]. 华东经济管理, 2020, 34(1):28-36.
- [34]王惠, 苗壮, 王树乔. 空间溢出、产业集聚效应与工业绿色创新效率[J]. 中国科技论坛, 2015(12):33-38.
- [35]王红领, 李稻葵, 冯俊新. FDI与自主研发: 基于行业数据的经验研究[J]. 经济研究, 2006(2):44-56.
- [36]CHANG C H, CHEN Y S. Green Organizational Identity and Green Innovation[J]. Management Decision, 2013, 51(5): 1056-1070.
- [37]黄奇, 苗建军, 李敬银, 等. 基于绿色增长的工业企业技术创新效率空间外溢效应研究[J]. 经济体制改革, 2015(4):109-115.
- [38]KAFOUROS M I. The Impact of the Internet on R & D Efficiency: Theory and Evidence[J]. Technovation, 2006, 26(7): 827-835.
- [39]AGRAWAL A K, GOLDFARB A. Restructuring Research: Communication Costs and the Democratization of University Innovation[J]. American Economic Review, 2008, 98(4):1578-1590.
- [40]张旭亮, 史晋川, 李仙德, 等. 互联网对中国区域创新的作用机理与效应[J]. 经济地理, 2017, 37(12):129-137.
- [41]韩先锋, 宋文飞, 李勃昕. 互联网能成为中国区域创新效率提升的新动能吗[J]. 中国工业经济, 2019(7):119-136.
- [42]程思佳. 环境规制、互联网普及率与绿色全要素生产率研究[D]. 南昌: 江西财经大学, 2020.
- [43]MARSHALL A. Principles of Political Economy[M]. New York: Macmillan and Company, 1920.
- [44]JACOBS J. The Economy of Cities[M]. New York: Vintage, 1969.
- [45]MALIZIA E E, KE S. The Influence of Economic Diversity on Unemployment and Stability[J]. Journal of Regional Science, 2010, 33(2):221-235.
- [46]吴新中, 邓明亮. 技术创新、空间溢出与长江经济带工业绿色全要素生产率[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(17):50-58.
- [47]张治栋, 赵必武. 互联网与制造业协同集聚能否提升城市绿色效率——基于中国283个城市的经验分析[J]. 华东经济管理, 2020, 34(10):65-73.
- [48]吕文晶, 陈劲, 刘进. 工业互联网的智能制造模式与企业平台建设——基于海尔集团的案例研究[J]. 中国软科学, 2019(7):1-13.
- [49]曹晓红, 韩永立. 两化融合环境下智能工厂探索与实践[J]. 无机盐工业, 2019, 51(5):1-5.
- [50]张公嵬, 梁琦. 出口、集聚与全要素生产率增长——基于制造业行业面板数据的实证研究[J]. 国际贸易问题, 2010(12): 12-19.

- 
- [51]王树功,周永章,麦志勤,等.城市群(圈)生态环境保护战略规划框架研究——以珠江三角洲大城市群为例[J].中国人口·资源与环境,2003(4):54-58.
- [52]谢荣辉,原毅军.产业集聚动态演化的污染减排效应研究——基于中国地级市面板数据的实证检验[J].经济评论,2016(2):18-28.
- [53]韩晶,毛渊龙,朱兆一.产业集聚对环境污染的影响[J].经济社会体制比较,2019(3):71-80.
- [54]钟顺昌,任媛.产业专业化、多样化与城市化发展——基于空间计量的实证研究[J].山西财经大学学报,2017,39(3):58-73.
- [55]胡安军,郭爱君,钟方雷,等.高新技术产业集聚能够提高地区绿色经济效率吗?[J].中国人口·资源与环境,2018,28(9):93-101.
- [56]杨礼琼,李伟娜.集聚外部性、环境技术效率与节能减排[J].软科学,2011,25(9):14-19.
- [57]周明生,王帅.产业集聚是导致区域环境污染的“凶手”吗?——来自京津冀地区的证据[J].经济体制改革,2018(5):185-190.
- [58]李金滢,李泽宇,李超.城市绿色创新效率实证研究——来自长江中游城市群的证据[J].江西财经大学学报,2016(6):3-16.
- [59]赵玉林,陈泓兆.异质性技术创新与绿色全要素生产率提升[J].财会月刊,2020(18):145-152.
- [60]张军,吴桂英,张吉鹏.中国省际物质资本存量估算:1952-2000[J].经济研究,2004(10):35-44.
- [61]YOUNG A. Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period[J]. Journal of Political Economy, 2003, 111(6):1220-1261.
- [62]张节,李千惠.智慧城市建设对城市绿色创新效率的影响[J].统计与决策,2020,36(19):83-87.
- [63]唐红涛,李胜楠.农村电商对传统流通的收入门槛效应:互补还是替代[J].山西财经大学学报,2020,42(3):47-61.
- [64]杨丽,孙之淳.基于熵值法的西部新型城镇化发展水平测评[J].经济问题,2015(3):115-119.
- [65]于斌斌.金融集聚促进了产业结构升级吗:空间溢出的视角——基于中国城市动态空间面板模型的分析[J].国际金融研究,2017(2):12-23.
- [66]李琳,刘琛.互联网、禀赋结构与长江经济带工业绿色全要素生产率——基于三大城市群108个城市的实证分析[J].华东经济管理,2018,32(7):5-11.