

长江经济带污染密集型产业集聚时空特征及其绿色经济效应

黄磊^{1,2,3}, 吴传清^{3,4}

(1. 西南大学经济管理学院, 重庆 400715; 2. 中国西部非公经济发展与扶贫反哺协同创新中心, 重庆 400715;
3. 武汉大学区域经济研究中心, 武汉 430072; 4. 武汉大学中国发展战略与规划研究院, 武汉 430072)

摘要: 污染治理是长江经济带生态保护与绿色发展的难点与痛点, 而污染密集型产业集聚正是造成长江环境问题的重要诱因。从对绿色发展效率的作用机理出发, 采用加权标准差椭圆等方法, 识别长江经济带沿线 11 省份污染密集型产业集聚的时空演化格局并探究其绿色经济效应。结果显示: 长江经济带污染密集型产业集聚深度弱于全国水平, 产业结构朝绿色低碳化转型; 长江经济带污染密集型产业集聚地区分异显著, 中上游地区污染产能集聚能力较强; 污染密集型产业集聚对长江经济带绿色发展能力在短期内具有抑制作用, 但存在长期绿色转型机制, 上中下游地区绿色转折速率梯度提升。研究结果可为推动长江经济带工业绿色集聚发展提供借鉴。

关键词: 污染密集型产业; 长江经济带; 产业集聚; 绿色发展; 影响效应

2020 年 11 月习近平总书记在全面推动长江经济带发展座谈会上强调要持续开展污染治理工程, 保持长江生态原真性和完整性。污染防治作为全面建成小康社会的“三大攻坚战”之一, 党和国家始终高度重视, 对重大战略区域污染防治问题尤为关切。而污染密集型产业作为污染生产与排放的主要来源, 是推动污染治理的重点。长江经济带作为新时期国家经济增长的战略支撑带, 污染密集型产业份额较高, 产业结构绿色清洁度有待提升, 产业污染环境风险治理任务艰巨, 推动低端过剩产能有序退出成为践行长江经济带共抓大保护战略的当务之急。那么长江经济带污染密集型产业集聚态势如何? 是否对长江经济带绿色发展能力存在持续削弱作用? 又该如何促进污染密集型产业绿色生态集聚? 深入探讨上述问题对强化长江经济带生态环境保护、加快长江经济带经济绿色高质量发展、推动国家生态文明治理体系和治理能力现代化具有重要意义, 本文侧重解决上述三大问题。学术界关于污染密集型产业的研究主要集中于以下几个层面:

一是关于污染密集型产业的识别研究。学术界对污染密集型产业的界定至今未达成一致意见, 官方也尚未进行明确规定, 目前主要存在着六种具体的判定方法。(1) 总量法, 将污染物排放总量前十的行业定义为污染密集型产业, 但该方法忽视了工业产值规模^[1]; (2) 强度法, 将污染物排放总量相对于对应产业产值的排放强度作为识别依据^[2]; (3) 经验法, 学者根据个人前期研究和工作经历而主观认定污染密集型产业的细分行业^[3], 该方法随意性较强; (4) 成本法, 将工业污染治理成本较高的行业确定为污染密

收稿日期: 2020-12-28; 修订日期: 2021-04-22

基金项目: 国家社会科学基金项目 (20CJL021)

作者简介: 黄磊 (1991-), 男, 湖北孝昌人, 博士, 副教授, 研究方向为城市与区域经济。

E-mail: huanglei2051@163.com

通讯作者: 吴传清 (1967-), 男, 湖北石首人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市与区域经济。

E-mail: wcq501@163.com

集型产业^[4],但细分行业污染治理成本数据难以获取;(5)准官方法,部分学者直接将2006年国务院出台的《第一次全国污染源普查方案》所确定的11个重污染工业行业作为污染密集型产业^[5];(6)强度规模法,从工业行业污染物排放总量与排放强度两个角度综合确定污染密集型产业^[6]。由于各类识别方法各有其合理性,在研究中均应用较为广泛,其中以强度规模法最为典型。

二是关于污染密集型产业的区际转移研究。鉴于污染密集型产业的高强度污染属性,在厘定污染密集型产业边界范围后,学术界密切关注污染密集型产业空间布局,并进而识别其内在影响机制。多数研究表明污染密集型产业因技术含量较低,尽管存在一定的区位粘性,但对劳动力成本和环境政策变动更为敏感,倾向于朝次发达地区布局,由核心城市向非核心城市转移^[7,8],引致产业污染的环境问题由东部地区向中西部地区集聚。考虑到污染密集型产业的增长效应、资源指向性及迁移条件,实证结果大都显示出环境规制、财政分权、资源禀赋、对外贸易、技术创新、基础设施等是造成污染密集型产业迁移的主要因素^[5,9],需在污染密集型产业迁移过程中加以引导。现有文献更多关注污染密集型产业的地理特征,通过识别其迁移主导因素,达到有效管控污染密集型产业迁移和有序发展的目标。

三是关于环境规制对污染密集型产业的影响效应研究。围绕环境规制的“污染避难所”效应和“波特假说”,侧重探讨环境规制约束下污染密集型产业的空间格局,及对污染密集型产业的绿色创新能力影响^[10]。由于地方经济发展存在经济增长和环境保护两种倾向^[11],多数研究表明环境规制对污染密集型产业集聚程度的影响并非线性形式,而是呈现出阶段性,存在先促进后抑制的库兹涅茨曲线“倒U型”影响作用^[12-14],特别是高污染行业和发达地区的环境规制减排效应更为显著^[15]。而关于环境规制的绿色技术创新效应,现有研究大都显示出“波特假说”成立存在行业规模和创新潜力的前提条件性^[16],忽视产业异质性的环境政策无法有效提升污染密集产业的绿色创新能力,在整体创新能力不强的基本情况下,甚至会加剧企业生产成本削减企业创新资本积累^[17]。尽管环境规制与污染密集型产业关联密切,但二者关系并不明确,需要根据具体区域属性、行业特点、时期背景加以分析^[18]。

四是关于污染密集型产业集聚的相关方法研究。学术界侧重于产业集聚的不同属性,立足于行业规模、动态变化、全域范围、相对水平等视角,偏向采用行业集中度CR、偏离份额系数SSM、空间基尼系数SGC、产业转入系数IIAC、区位商LQ等方法研判其时空演化格局^[3,11,19]。由于行业集中度指标未能考虑产业集聚的相对地理空间属性,偏离份额系数和产业转入系数关注的产业集聚变动情况,而空间基尼系数是针对产业在全域的整体集聚水平,使得区位商指标成为当前衡量污染密集型产业集聚程度最为广泛的研究工具。而在识别污染密集型产业集聚的驱动机制过程中,则较多使用面板OLS模型、STIRPAT模型、面板Tobit模型、空间计量模型等方法工具^[6,20]。考虑到集聚水平的代理指标波动范围一般较小,多数文献在使用上述模型时通常会将影响污染密集型产业集聚的相关解释变量指标进行对数化或比率化处理,以更为精准地探清污染密集型产业集聚迁移的内在机理。

综观学术界关于污染密集型产业的研究成果,总体围绕着识污与治污两条研究主线,从污染密集型产业识别不断深入到污染密集型产业迁移的动力机制与治理路径。然而,现有研究仍然存在着亟待拓展之处:一是对污染密集型产业空间集聚的绿色经济效应认

识过于单一，现有研究谈“污”色变，重视初始阶段的污染产能扩张，对污染密集型产业的绿色刺激作用关注不够；二是对污染密集型产业识别的系统性不够，偏向从局部区域和较短特定时期内界定，对大周期全局视角综合性判断不足，产业精准性可进一步提升；三是对大尺度国家重大战略区域的污染密集型产业集聚问题关注有待加强，特别是作为全国经济支撑带的长江经济带污染密集型产业集聚环境效应研究亟需强化。鉴于此，本文将在厘清污染密集型产业集聚的绿色经济效应内在机理基础上，从全国视角综合研判污染密集型产业的细分类型，进而系统分析污染密集型产业集聚特征及其对长江经济带绿色发展能力的影响效应，并提出促进污染密集型产业绿色集聚的对策建议。

1 研究方法与数据来源

1.1 理论假说

污染密集型产业是指在生产过程中产生和排放环境废弃物较高的产业^[2]。其自带的高污染属性成为环境风险加剧的重要隐患，对区域绿色发展能力影响较大，所产生的绿色经济效应与自身的污染携带物、生产技术更新和政府环境政策关联密切。污染密集型产业集聚对区域绿色发展效率的作用机理可归纳为三种效应。

污染扩散效应。污染密集型产业发展门槛相对较低，多为资源和能源指向性产业，生产技术科技含量相对较低，对于次发达地区或在经济发展初始阶段而言，面临着较大经济增长压力，基于自身区域要素比较优势，愿意通过牺牲生态产品潜在生产力换取物质产品现实生产力，倾向布局该类产业。特别是污染密集型产业在短期内一般具有较强的经济增长效应和财政收入效应，地方政府在经济发展初期会积极引进，并给予一定的配套政策，协助解决区内就业与增长压力。对高污染引进企业的弱环境管制政策，可能引发其他本土企业竞相模仿，延迟生产技术革新进程，造成环境污染迅速扩散，对居民健康状况产生负面影响，并强化对高排放高增长低效益的产业发展模式路径依赖，侵蚀地区绿色发展能力^[11]。在次发达地区弱环境规制约束条件下，污染密集型产业集聚存在较强污染扩张能力，易导致地区产业结构陷入低端化陷阱，成为“污染避难所”，环境质量难以改善。据此，提出如下研究假设：

H1：污染密集型产业集聚在初期会强化对粗放发展模式的路径依赖，削弱地区绿色发展能力。

技术改进效应。污染密集型产业集聚至一定阶段，当地基础设施和配套条件趋于完善，逐渐在区内形成完整的产业链条，企业间联系紧密化，产业集聚逐渐向产业集群转变，存在较强的协同合力。低效率企业在网络关联下可以获得领头企业先进技术外溢，带动生产效率提升，同时企业间形成闭环生产流程，上游企业生产废弃物可转化为下游企业生产原料，资源循环利用效率得以提升，在一定程度上可以减少环境废物排放，降低生产环境压力。同时随着经济发展程度提升，居民生态环境需求凸显，更加关注产品绿色安全性能，企业为保证市场份额实现利润最大化而主动加强绿色技术研发应用，加快生产过程低碳清洁化，满足消费者环保需求和产品质量要求，消费升级引致污染密集型企业技术革新^[21]。除存在“波特假说”的创新补偿效应外，污染密集型产业技术改进动力在一定程度出于外部约束，但主要源于内部激励，以期延长生命周期并获取市场竞争力。据此，提出如下研究假设：

H2：污染密集型产业集聚到一定阶段，在消费需求升级和企业关联提升激励下，生

产技术向绿色化转型,对区域绿色生产能力具有积极作用。

政府引导效应。随着居民环保意识强化,居民生态产品需求提升在一定程度上会扭转政府的经济发展导向,更多关注生态环境和未来区域产业竞争力,推行更为严苛的环保标准,制定系统的相关产业绿色转型发展规划,统一布局工业园区,规范污染密集型企业生产环节和生产空间,促进其绿色高质量发展。政府在谋划区域污染密集型产业绿色转型升级过程中,除出台设定排污上限等指令性举措,亦实行排污许可证、绿色技术改造补助、环境税等市场化手段,力求最大限度提升高污染企业降污主动性和有效性。高污染企业在政府合理布局下有序发展,对于适应规范化发展的企业而言,强化环境规制有利于加速其绿色创新进程,提升其盈利能力并拓展其生命周期,而对于难以削减排放的污染密集型企业因无法达到环保标准,只能选择退出市场,促进区域新旧动能转换^[22]。从区域可持续发展出发,政府会通过各种手段引导污染密集型企业节能减排,提升产品质量。据此,提出如下研究假设:

H3: 污染密集型产业对区域高质量发展具有重要影响,集聚过程会引发政府的密切关注,引导产业结构向绿色低碳高端转型。

1.2 研究方法

1.2.1 污染密集型产业识别方法

已述当前关于污染密集型产业识别主要存在六种方法,或侧重于排放强度、治理成本与生产规模,或依托于前期经验和国家标准,或结合排放总量与强度。本文认为污染密集型产业主要集中于排污强度和排污总量两个维度,故综合考虑污染密集型产业的规模和强度作为主要判识依据。借鉴仇方道等^[6]的规模强度思路,并对其识别方法进行一定改进,进行非零起点归一化处理,规避零值和量纲影响,详见式(2)和式(4)。主要过程如下:

(1) 计算第*i*产业第*t*年第*j*种污染物排放强度:

$$E_{i,j,t} = \frac{X_{i,j,t}}{Y_{i,t}} \quad (1)$$

(2) 将第*i*产业第*t*年第*j*种污染物排放强度进行归一化处理:

$$E'_{i,j,t} = 0.01 + 0.99 \times \frac{E_{i,j,t} - \min_{i'=1}^{34} \{E_{i',j,t}\}}{\max_{i'=1}^{34} \{E_{i',j,t}\} - \min_{i'=1}^{34} \{E_{i',j,t}\}} \quad (2)$$

(3) 计算第*i*产业第*t*年第*j*种污染物排放规模:

$$P_{i,j,t} = \frac{X_{i,j,t}}{\sum_{i'=1}^{34} X_{i',j,t}} \quad (3)$$

(4) 将第*i*产业第*t*年第*j*种污染物排放规模进行归一化处理:

$$P'_{i,j,t} = 0.01 + 0.99 \times \frac{P_{i,j,t} - \min_{i'=1}^{34} \{P_{i',j,t}\}}{\max_{i'=1}^{34} \{P_{i',j,t}\} - \min_{i'=1}^{34} \{P_{i',j,t}\}} \quad (4)$$

(5) 计算第*i*产业第*t*年第*j*中污染物污染密集指数:

$$EPI_{i,j,t} = \sqrt{E'_{i,j,t} \times P'_{i,j,t}} \quad (5)$$

(6) 计算第*i*产业第*t*年污染密集指数:

$$EPI_{i,t} = 1/3 \times \sum_{j=1}^3 EPI_{i,j,t} \quad (6)$$

(7) 计算第*i*产业污染密集指数:

$$EPI_i = 1/T \sum_{t=1}^T EPI_{i,t} \quad (7)$$

式中： E 表示污染物排放强度； EPI 表示污染密集指数，将排名前1/3的工业行业定为污染密集型产业； X 表示污染物排放绝对量； Y 表示对应工业行业产值； P 表示污染物排放份额（%）； i 表示产业类型； j 表示污染物类别； t 表示年份； T 表示总年份数（年）。污染物主要考虑工业“三废”，即工业废水排放总量（万t）、工业废气排放总量（亿m³）、一般工业固体废物产生量（万t），工业产值代理指标为主营业务收入（亿元），并以2001年为基期的定基工业生产者出厂价格指数平减。经测算，最终确定煤炭开采和洗选业，黑色金属矿采选业，有色金属矿采选业，纺织业，造纸及纸制品业，石油加工及炼焦业，化学原料及制品制造业，非金属矿物制品业，黑色金属冶炼及压延加工业，有色金属冶炼及压延加工业，电力、热力生产和供应业等11个排污规模和排污强度较强的行业为污染密集型产业。

1.2.2 污染密集型产业集聚特征分析方法

（1）产业集聚测度方法。在污染密集型产业集聚方法文献梳理中已指出，学术界主要有行业集中度、区位商、空间基尼系数等研究工具，各种方法均具有其优势，或侧重于企业视角、或侧重于区域视角、或侧重于行业视角。本文参考宋爽^[23]的做法，采用兼能衡量区域视角与行业视角集聚的区位商作为长江经济带污染密集型产业集聚水平的测度方法。具体如下：

$$agg_{it} = \frac{pollu_{it}/indus_{it}}{POLLU_t/INDUS_t} \quad (8)$$

式中： agg_{it} 、 $pollu_{it}$ 、 $indus_{it}$ 表示 i 地区在 t 年份的污染密集型产业集聚水平、污染密集型产业主营业务收入（亿元）、规上工业企业整体主营业务收入（亿元）； $POLLU_t$ 、 $INDUS_t$ 表示在 t 年份的全国污染密集型产业主营业务收入（亿元）、规上工业企业整体主营业务收入（亿元）。当 agg_{it} 大于1，表示该地区污染密集产业集聚程度较高，产业结构趋向高能耗高排放化；当 agg_{it} 小于1，则表示该地区污染密集型产业集聚程度不高，产业结构趋于绿色高端清洁化。

（2）时空特征表征方法。参考王兆峰等^[24]的做法，采用加权标准差椭圆方法作为分析长江经济带污染密集型产业空间差异的分析工具，该方法可表征长江经济带污染密集型产业集聚空间分布的重心位置、主体范围、集中方向、密集程度、空间变动，即椭圆的中心性、展布性、方向性、密集性、形状等基本特征，可总体反映长江经济带污染密集型产业集聚的主要时空特征。具体计算公式如下：

平均中心 (\bar{X}_w, \bar{Y}_w) :

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^{11} w_i x_i}{\sum_{i=1}^{11} w_i}, \quad \bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^{11} w_i y_i}{\sum_{i=1}^{11} w_i} \quad (9)$$

方位角 θ :

$$\tan \theta = \frac{\left(\sum_{i=1}^{11} w_i^2 \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^{11} w_i^2 \tilde{y}_i^2 \right) + \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{11} w_i^2 \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^{11} w_i^2 \tilde{y}_i^2 \right)^2 + 4 \sum_{i=1}^{11} w_i^2 \tilde{x}_i \tilde{y}_i}}{2 \times \sum_{i=1}^{11} w_i^2 \tilde{x}_i \tilde{y}_i} \quad (10)$$

X 轴标准差:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11} (w_i \tilde{x}_i \cos \theta - w_i \tilde{y}_i \sin \theta)^2}{\sum_{i=1}^{11} w_i^2}} \quad (11)$$

Y 轴标准差:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11} (w_i \tilde{x}_i \sin \theta - w_i \tilde{y}_i \cos \theta)^2}{\sum_{i=1}^{11} w_i^2}} \quad (12)$$

式中: (x_i, y_i) 表示省域空间中心的经纬度坐标; w_i 表示每个省份污染密集型产业集聚水平; (\bar{X}_w, \bar{Y}_w) 表示加权平均中心, 即要素分布几何中心; θ 为椭圆方位角, 即椭圆长轴逆时针旋转到正北方向所形成的夹角 ($^\circ$); \tilde{x}_i 、 \tilde{y}_i 分别表示各省域空间中心经纬度坐标与要素分布几何中心的差值; σ_x 、 σ_y 分别表示沿 X 轴、 Y 轴的标准差, 即标准差椭圆的长短轴一半长度。椭圆范围表明污染密集型产业集聚的发展态势, 若椭圆长短轴缩短, 则椭圆空间范围减少, 标准差椭圆内部省份要素发展态势快于外部省份; 椭圆中心反映省域要素分布的重点方向, 椭圆中心向哪个方向移动, 则该方向省域要素发展态势较快; 椭圆长短轴比例反映省域要素分布的均衡性, 若长短轴比例趋近于 1, 则省域要素分布较为均衡; 椭圆方位角表示省域要素分布的主要偏向, 若方位角减小, 则东北或西南部省域要素影响增强。

1.2.3 污染密集型产业集聚绿色经济效应分析方法

为考察长江经济带污染密集型产业集聚的绿色经济效应, 鉴于本文所用数据均为面板数据, 因此与主要文献一致^[3], 直接使用面板数据模型检验其影响效应。结合理论分析框架, 模型具体形式如下:

$$efficiency_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \times agg_{it} + \alpha_2 \times agg_{it}^2 + X \times \beta + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

式中: $efficiency$ 表示被解释变量绿色发展效率, 具体根据改进的数据包络分析 EBM 模型测得。其中投入指标主要考虑劳动、资本、能源三种要素, 分别采用全社会从业人员数 (万人)、全社会固定资本存量 (亿元)、全社会能源消费总量 (万 tce) 表征; 期望产出主要考虑全社会新增财富, 采用地区生产总值 GDP (亿元) 表征; 非期望产出主要为生产生活过程中所产生和排放的“三废”, 分别采用全社会废水排放总量 (万 t)、全社会二氧化硫排放总量 (t)、一般工业固体废物产生量 (万 t) 表征。由于 EBM 模型可以考虑多投入、多产出情况, 且对非期望产出的处理同时考虑了径向变动与非径向松弛变动, 可更加有效地测度绿色经济效率。由于本文侧重分析污染密集型产业集聚的绿色经济效应, 而非环境效应, 后者主要指产业集聚对污染排放的影响作用, 而前者内涵更为丰富, 核心反映的是产业集聚对经济结构绿色转型的影响效应, 不单单是考虑环境因素, 更包含在减小环境成本的同时实现经济产出最大化^[25], 这也是本文采用绿色发展效率指标而不是直接选取污染物排放量作为被解释变量的考量所在^[26]。

agg 表示核心解释变量污染密集型产业集聚水平, 以上文测得的区位商表征。正如在理论假说中已说明, 由于污染密集型产业集聚一方面会加剧地区粗放发展倾向, 无法消化低端产业集聚带来的环境污染, 削弱地区绿色发展能力^[11], 但另一方面由集聚带来的经济增长所引发的消费需求升级与企业竞争力提升, 以及政府环境政策强化, 可能会

促进生产技术绿色低碳化,从而倒逼地区绿色发展能力提升^[21]。因此为分析污染密集型产业的交替效应存在性,同时将其二次项 agg^2 纳入模型。 X 表示控制变量向量,参考既有文献相关做法^[22],本文主要考虑环境规制、技术创新、对外开放、产业结构高级化等四个变量,分别采用环境污染治理投资总额占GDP比例(%)、全社会研发强度(%)、外贸依存度(%)、一二三次产业份额加权值表征,其中一产份额权重为1,二产权重为2,三产权重为3。 i 表示长江经济带沿线11省份; t 表示年份; α 表示核心解释变量回归系数; β 表示控制变量回归系数向量; ε 表示随机误差项。为初步判识污染密集型产业集聚与长江经济带绿色发展效率间关系,通过数据整理,在同一坐标系下绘制二者散点图,并划出相应的拟合曲线(图1),可以看出二者关系大致呈U型关系,在模型中加入集聚二次项与图形特征符合,但具体关系有待下文实证分析加以论证。

1.3 数据来源

本文所选用的指标数据均源自于官方出版的统计年鉴。主要有《中国统计年鉴》(2002—2019年)、《中国环境统计年鉴》(2004—2018年)、《中国工业经济统计年鉴》(2001—2004年)、《中国经济普查年鉴》(2004年)、《中国工业经济统计年鉴》(2006—2012年)、《中国工业统计年鉴》(2013—2017年)、《中国科技统计年鉴》(2004—2018年)、《中国贸易外经统计年鉴》(2004—2018年)、长江经济带沿线11省份2002—2019年统计年鉴。需要说明的是,本文为力求最大限度利用现有数据,考虑到各部分研究内容较为独立,因此研究时限不完全统一,但这并不影响各部分研究问题分析。其中在确定污染密集型产业的具体行业时,由于关键指标各行业污染排放物最早公布于2001年,而在2015年停止公布,此处研究时限确定为2001—2015年;借助于已识别出的细分行业,在分析污染密集型产业集聚空间特征时,由于工业统计数据较为丰富,研究周期拓展为1999—2018年;而在探究污染密集型产业集聚的绿色经济效应时,受限于各省份主要污染物排放数据始发于2003年而停更于2017年,研究时限确定为2003—2017年,回归分析各变量的描述性统计见表1。

2 结果分析

2.1 长江经济带污染密集型产业集聚的时空特征分析

2.1.1 时间特征分析

1999—2018年长江经济带污染密集型产业集聚水平整体呈较强下降趋势,污染集聚能力衰减(表2)。研究周期内长江经济带污染密集型产业集聚指数始终低于1,由1999年的0.983下降至2018年的0.881,年均下降0.005。相对全国平均水平而言,长江经济带污染密集型产业发展整体并不占优势,污染密集型产业从来都不是长江经济带产业发展重

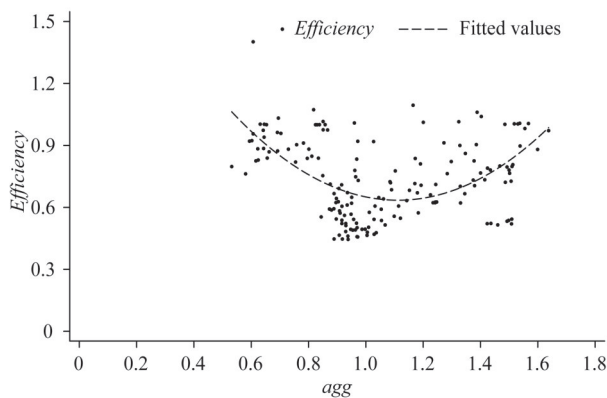


图1 2003—2017年长江经济带污染密集型产业集聚水平与绿色发展效率关系

Fig. 1 Relationship between the industrial agglomeration and green efficiency in the Yangtze River Economic Belt (YREB) from 2003 to 2017

表1 长江经济带污染密集型产业集聚绿色经济效应的相关变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of related variables on green economy effect of the agglomeration in the YREB

变量	单位	符号	均值	标准差	最大值	最小值	样本数/个
绿色发展效率	—	<i>efficiency</i>	0.737	0.189	1.402	0.445	165
产业集聚	—	<i>agg</i>	1.057	0.279	1.638	0.532	165
产业集聚二次项	—	<i>agg²</i>	1.195	0.615	2.682	0.283	165
产业结构高级化	%	<i>industrial</i>	0.772	0.040	0.898	0.705	165
环境规制	%	<i>environment</i>	1.132	0.438	2.660	0.514	165
技术创新	%	<i>technique</i>	1.424	0.746	3.934	0.406	165
对外开放	%	<i>opening</i>	0.330	0.412	1.721	0.032	165

注：“—”表示该指标无单位。

表2 1999—2018年长江经济带中上下游地区污染密集型产业集聚水平

Table 2 Concentration level of pollution intensive industries in the three reaches of the YREB from 1999 to 2018

年份/ 地区	上游 地区	中游 地区	下游 地区	长江 经济带	年份/ 地区	上游 地区	中游 地区	下游 地区	长江 经济带
1999	1.019	1.138	0.939	0.983	2009	1.048	1.146	0.863	0.939
2000	1.019	1.162	0.933	0.980	2010	1.060	1.136	0.849	0.934
2001	1.013	1.123	0.944	0.979	2011	1.036	1.114	0.849	0.932
2002	1.037	1.120	0.938	0.977	2012	1.011	1.081	0.837	0.917
2003	1.084	1.192	0.896	0.959	2013	0.991	1.066	0.857	0.926
2004	1.218	1.275	0.865	0.956	2014	0.988	1.048	0.844	0.914
2005	1.121	1.229	0.901	0.972	2015	0.988	1.038	0.860	0.923
2006	1.137	1.228	0.893	0.969	2016	0.957	1.025	0.864	0.918
2007	1.122	1.228	0.874	0.958	2017	0.925	1.007	0.855	0.903
2008	1.081	1.177	0.868	0.947	2018	0.933	0.952	0.836	0.881

注：上游地区包括云贵川渝四省市，中游地区包括湘鄂赣三省，下游地区包括苏浙皖沪四省市，下同。

点，长江经济带产业结构趋于绿色化和高端化。

上中下游地区污染密集型产业集聚水平亦呈下降趋势，降幅呈上游、下游、中游地区梯度递增趋势。上游地区由1999年的1.019下降至2018年的0.933，下降幅度达8.48%；在2012党的十八大之前，污染密集型产业集聚水平均大于1，集聚程度较高，而后在生态文明建设战略要求下污染密集型产业集聚水平大幅下降。中游地区由1999年的1.138下降至2018年的0.952，下降幅度达16.39%；尽管中游地区降幅最大，但直至2018年污染密集型产业集聚指数始降至1以下，表明中游地区污染密集型产业基础较为牢固，绿色转型压力巨大。下游地区由1999年的0.939下降至2018年的0.836，下降幅度达11.01%，污染密集型产业集聚指数一直在1以下，足见下游地区主导长江经济带污染密集型产业集聚态势，下游地区产业结构迈向绿色高端化是推动长江经济带产业结构绿色低碳化的根本动力。

2.1.2 空间特征分析

长江经济带污染密集型产业集聚重心明显朝西南方向移动，污染密集型产业有向西南地区集聚趋势（表3）。1999—2018年椭圆重心整体向西南方向移动81.89 km，其中向西移动69.27 km，向南移动43.69 km，所在位置由湖南省岳阳市转移至常德市。长江经

表3 1999—2018年长江经济带污染密集型产业集聚标准差椭圆的基本参数

Table 3 Basic parameters of the SDE of the pollution intensive industry in the YREB from 1999 to 2018

年份/参数	重心坐标	长轴/km	短轴/km	扁率/%	方位角/(°)	面积/km ²
1999	(112.68°E, 29.44°N)	1750.88	482.91	0.7242	76.84	663891.35
2000	(112.66°E, 29.42°N)	1749.62	482.54	0.7242	76.58	662911.62
2001	(112.67°E, 29.41°N)	1763.95	482.92	0.7262	76.66	668865.24
2002	(112.58°E, 29.39°N)	1765.59	485.43	0.7251	76.60	672964.36
2003	(112.36°E, 29.30°N)	1764.56	487.57	0.7237	76.26	675540.87
2004	(111.88°E, 29.14°N)	1792.58	487.80	0.7279	75.40	686517.50
2005	(112.20°E, 29.22°N)	1787.64	483.32	0.7296	75.69	678399.39
2006	(112.08°E, 29.16°N)	1800.37	481.34	0.7326	75.34	680424.61
2007	(112.01°E, 29.12°N)	1802.25	480.80	0.7332	75.18	680367.78
2008	(112.03°E, 29.12°N)	1810.37	476.92	0.7366	75.05	677912.23
2009	(112.02°E, 29.12°N)	1810.21	477.72	0.7361	75.13	678994.26
2010	(111.92°E, 29.08°N)	1821.67	479.46	0.7368	75.15	685785.14
2011	(111.91°E, 29.05°N)	1829.47	476.54	0.7395	75.08	684452.02
2012	(111.95°E, 29.07°N)	1833.35	476.75	0.7400	75.08	686276.33
2013	(111.99°E, 29.06°N)	1842.97	473.35	0.7432	74.92	684948.30
2014	(111.91°E, 29.03°N)	1847.62	476.69	0.7420	74.94	691522.22
2015	(111.98°E, 29.07°N)	1844.26	481.20	0.7391	75.20	696803.38
2016	(112.04°E, 29.09°N)	1849.26	480.44	0.7402	75.18	697588.53
2017	(112.07°E, 29.06°N)	1863.60	471.54	0.7470	74.68	689966.01
2018	(111.99°E, 29.04°N)	1869.06	472.54	0.7472	74.60	693448.24

济带污染密集型产业集聚地区的西南方向主要是指云南、贵州二省，标准差椭圆长轴朝云贵西南方向大幅伸展超过160 km，贵州地区将成为长江经济带污染密集型产业潜在主导集聚区。椭圆扁率略微扩张，反映出东西向污染密集型产业集聚程度有所加深，而加深地区主要为西南地区。此外，需要注意的是，椭圆重心并非稳步朝西南向移动，仍面临一定的东北方向阻力，下游地区的江苏等省份亦集聚着巨大的污染密集型产能，存在一定的抵消效应。

长江经济带污染密集型产业集聚态势呈现出在分散中集聚的趋势，整体集聚趋势有一定弱化，但相对集聚能力不断强化。1999—2018年椭圆面积扩张了29556.89 km²，主要由于椭圆西南方向拉伸造成的面积增量大于南北方向收缩产生的面积减量，长江经济带污染密集型产业正处于由下游地区向中上游地区集聚的过渡阶段，表现出集聚与分散的并存态势。椭圆方位角小幅收窄2.84°，再次印证污染密集型产业存在较强的西南向集聚态势，一定程度强化了椭圆主轴收缩趋势。整体而言，长江经济带南部与中上游地区省份的污染密集型产业集聚程度较北部与下游地区省份更为严重。污染密集型产业集聚态势表明未来长江经济带环境风险多发地区将为中上游地区，需严防下游地区向中上游地区转移污染产能。

2.2 长江经济带污染密集型产业集聚的绿色经济效应分析

2.2.1 多重共线性检验

在进行模型回归分析前需对解释变量进行多重共线性检验，以确保回归系数符号与

标准误的准确性。一般通过变量相关系数 CI 或者方差膨胀因子 VIF 进行多重共线性检验, 其中如果相关系数绝对值大于 0.8 或者方差膨胀因子大于 10 则认为解释变量具有较高相关性, 模型极有可能存在多重共线性。由于方差膨胀因子是基于包含被解释变量的严密回归分析, 比直接进行解释变量简单相关性分析相对严格, 对模型中解释变量的共线性判断更为精准。本文采用上述两种方式对回归模型的解释变量进行多重共线性检验, 结果见表 4。可以看到, 所有解释变量之间的非自相关系数绝对值均小于 0.8, 且方差膨胀因子均低于 10, 可认为解释变量间不存在多重共线性, 能够直接进行回归分析。

表 4 2003—2017 年长江经济带污染密集型产业集聚的驱动因素相关系数与方差膨胀因子
Table 4 Correlation index and variance inflation factor of the driving factors in the YREB from 2003 to 2017

变量	<i>agg</i>	<i>agg</i> ²	<i>industrial</i>	<i>environment</i>	<i>technique</i>	<i>opening</i>	<i>VIF</i>
<i>agg</i>	1.000	0.256	-0.270	-0.142	-0.779	-0.595	4.228
<i>agg</i> ²	0.256	1.000	0.324	-0.157	-0.073	0.172	1.405
<i>industrial</i>	-0.270	0.324	1.000	-0.174	0.656	0.661	3.447
<i>environment</i>	-0.142	-0.157	-0.174	1.000	-0.021	-0.055	1.083
<i>technique</i>	-0.779	-0.073	0.656	-0.021	1.000	0.700	5.784
<i>opening</i>	-0.595	0.172	0.661	-0.055	0.700	1.000	2.785

注: VIF 列数字为方差膨胀因子, 其他数字为相关系数。

2.2.2 基准回归结果分析

包含所有解释变量的回归模型 Hausman 检验统计量为 84.13, 对应的伴随概率为 0.000, 在 1% 显著性水平拒绝原假设, 应选择固定效应模型作为备选模型, 对应的回归参数见表 5。

污染密集型产业集聚在短期内的确会削弱长江经济带绿色发展能力。污染密集型产业集聚回归系数均显著为负, 对长江经济带绿色发展效率具有负向影响, 与假设 1 相符, 污染密集型产业集聚在初期会强化对粗放发展模式的路径依赖。同田光辉等^[41]验证的“污染避难所”效应一致, 其生产技术要求相对较低, 生产过程中伴随着较大的能源消耗和污染排放, 在短期内将对长江经济带生态环境造成严重影响, 侵蚀地区环境容量。前期地区环境技术尚不足以消化长江经济带污染密集型产业集聚的负向环境效应, 且在经济增长压力下环境问题并未引起足够重视, 污染密集型产业集聚对长江经济带绿色发展能力具有较强的抑制作用。

污染密集型产业集聚到一定阶段后可以倒逼长江经济带绿色发展能力提升。污染密集型产业集聚二次项回归系数显著为正, 符合假设 2 和假设 3 预期, 对应绿色转折点集聚水平为 1.02。随着污染密集型产业集聚程度深化, 同时长江经济带发展水平相应提升, 环境问题凸显与发展水平提升强化居民的环保意识, 倒逼企业加快技术革新, 政府将实行更为严苛的环境政策治理高污染企业, 使得产业绿色度大幅改善。长江经济带定位于建设国家生态文明建设的先行示范带, 在“生态优先、绿色发展”要求下, 逐步加强治理区内污染密集型产业集聚引发的环境问题^[25], 压缩污染密集型产业迁移空间, 推动污染密集型产业向技术密集型低碳清洁产业转型。

控制变量影响。产业结构高级化未对长江经济带绿色发展能力产生促进作用, 长江经济带产业结构仍有待优化, 区内二三产业科技含量和绿色程度有待提升。环境规制对长江经济带绿色发展能力具有抑制作用, 长江经济带污染治理资金投入尚与全国平均水平存在

表5 长江经济带污染密集型产业集聚的绿色经济效应

Table 5 Green economic effect of pollution intensive industrial agglomeration in the YREB

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
<i>agg</i>	-1.451*** (0.510)	-1.599*** (0.571)	-1.059* (0.559)	-0.785* (0.461)	-2.473*** (0.394)
<i>agg</i> ²	0.719*** (0.230)	0.778*** (0.252)	0.514** (0.248)	0.462* (0.246)	1.208*** (0.175)
<i>industrial</i>		-0.613 (0.523)	-0.681 (0.508)	-1.827*** (0.691)	-1.895*** (0.554)
<i>environment</i>			-0.128*** (0.029)	-0.128*** (0.029)	-0.065** (0.028)
<i>technique</i>				0.106** (0.044)	0.070* (0.038)
<i>opening</i>					0.177*** (0.048)
<i>cons</i>	1.412*** (0.271)	1.972*** (0.609)	1.913*** (0.591)	2.418*** (0.627)	3.287*** (0.457)
<i>F</i> 统计量	12.44*** [0.002]	12.97*** [0.005]	33.31*** [0.000]	40.40*** [0.000]	92.79*** [0.000]
<i>R</i> ²	0.354	0.272	0.193	0.246	0.380
Hausman 统计量	34.09*** [0.000]	31.64*** [0.000]	35.56*** [0.000]	40.98*** [0.000]	84.13*** [0.000]
样本量/个	165	165	165	165	165

注：*、**、***分别表示通过10%、5%、1%的显著性检验，小括号内为标准误，中括号内为双侧伴随概率*p*值，下同。

较大差距，未能有效削减污染排放。技术创新可显著增强长江经济带绿色发展能力，创新有利于革新生产技术，提升资源能力利用效率。对外开放亦有利于长江经济带绿色发展能力提升，有利于获取国外先进生产技术外溢，从而推动长江经济带绿色生产技术进步。

2.2.3 区域异质性分析

考虑到长江经济带地跨我国东中西部三大经济地带，上中下游地区发展差异显著，因此本文亦对其污染密集型产业集聚的绿色经济效应进行地区异质性分析，结果见表6。长江经济带上中下游地区模型Hausman检验统计量均通过显著性检验，表明各地区回归模型均应采取固定效应模型作为备选模型。

长江经济带污染密集型产业集聚的绿色经济效应整体具有同向性，均呈现出先抑制后促进的U型态势。从固定效应模型回归系数可以看出，污染密集型产业集聚一次项回归系数均显著为负，而二次项则显著为正，U型影响路径较为稳定，可作为下文稳健性检验的一个印证。从模型回归结果来看，“先污染、后治理”成为长江经济带上中下游地区产业发展的一种普遍趋势，经济发展需付出一定的环境成本。在早期，出于经济发展和稳定就业考虑，在低技术和低资本约束条件下，基于比较优势分工理论，污染密集型产业快速增长，成为地区经济的重要支柱；而后期随着技术积累和环境意识强化，引致污染密集型产业向低碳清洁化转型，倒逼产业结构绿色化，客观上增强了地区绿色发展内生性。

尽管长江经济带上中下游地区呈现出U型态势，但污染密集型产业集聚的绿色转折点却存在较大差异，呈上中下游地区梯度递减格局。经计算，上中下游地区污染密集型产业集聚的绿色转折点分别为1.32、1.19、0.69，上游地区绿色转型速度最慢，中游地区

表 6 长江经济带中上下游地区污染密集型产业集聚的绿色经济效应

Table 6 Green economic effects of the industrial agglomeration in the three reaches of the YREB

变量	上游地区_FE	上游地区_RE	中游地区_FE	中游地区_RE	下游地区_FE	下游地区_RE
<i>agg</i>	-2.752*** (0.484)	-1.010 (0.993)	-4.802** (2.300)	2.281 (2.126)	-1.112* (0.591)	0.965 (2.277)
<i>agg</i> ²	1.044*** (0.199)	0.251 (0.383)	2.022** (0.904)	-0.766 (0.831)	0.810* (0.433)	-0.053 (1.115)
<i>industrial</i>	-2.340*** (0.542)	-4.199*** (1.051)	-1.949*** (0.656)	6.541*** (1.749)	0.799*** (0.283)	1.507 (2.192)
<i>environment</i>	-0.081** (0.034)	-0.080** (0.040)	-0.048 (0.043)	-0.056* (0.032)	-0.135* (0.058)	-0.068** (0.034)
<i>technique</i>	-0.449*** (0.064)	-0.116 (0.135)	-0.318*** (0.115)	-0.616*** (0.100)	0.119* (0.060)	0.017 (0.077)
<i>opening</i>	-0.544** (0.301)	-0.361 (0.306)	0.361 (0.617)	-1.469** (0.604)	0.078** (0.039)	-0.345 (0.258)
<i>cons</i>	4.795*** (0.392)	4.997 (0.964)	5.320*** (1.669)	-4.948** (2.341)	0.341 (1.268)	-0.928 (1.995)
<i>F</i> 统计量	184.47*** [0.000]		103.1*** [0.000]		92.3*** [0.000]	
Wald统计量		10.75*** [0.000]		32.39*** [0.000]		8.75*** [0.000]
<i>R</i> ²	0.777	0.563	0.731	0.335	0.6352	0.512
Hausman 统计量		10.11** [0.017]		18.11*** [0.000]		15.55*** [0.001]
样本量/个	60	60	45	45	60	60

注：FE表示固定效应模型，RE表示随机效应模型。

次之，而下游最快。从转折点门槛水平可以看出，长江经济带中上游地区存在一定的污染密集型产业深度集聚阶段，以资本和技术禀赋相对匮乏的上游地区最为典型，经历较长阶段的粗放发展模式才可为产业结构绿色转型做好技术和资本储备，与周沂等^[20]发现的污染密集型产业由沿海内陆转移结论相呼应。下游地区依托雄厚的技术和资本积累，可较快实现污染密集型产业集聚的绿色经济效应，无需经过污染密集型产业深度集聚阶段。当前中上游地区省份污染密集型产业集聚尚处于U型下降阶段，仍需经历较长周期方能迈向生态集聚阶段。

控制变量影响。产业结构高级化在中上游地区均呈现出抑制性效应，而在下游地区则具有促进作用，中上游地区产业结构有待优化，高技术绿色产业发展仍不充分。环境规制则在上下游地区呈现出负向影响，中游地区则不显著，上中下游地区环境治理投入仍有待加强。技术创新同样在中上游地区具有抑制作用，而在下游地区具有正向促进作用，下游地区创新的环境效应良好，但中上游地区开展绿色技术创新需更加关注资源环境效应问题。对外开放亦对中上游地区具有负面影响，而对下游地区具有促进作用，中上游地区在开放过程中容易引致污染迁入。

2.2.4 稳健性检验

在上文进行异质性分析时已在一定程度上反映出基准回归模型的稳健性，为进一步增强上述结果分析可信性，本文采用三种方式进行稳健性检验。一是调整核心解释变量测度指标，采用污染密集型产业主营业务收入占全体工业份额表示集聚水平，分别不加

入控制变量（模型1）与加入控制变量（模型2）进行回归。二是对变量进行缩尾处理，以被解释变量绿色发展效率为标准，将1%至99%以外的异常值替换为1%和99%处的变量值并进行回归（模型3）。三是分时间段进行回归，将研究周期等分为2003—2007年（模型4）、2008—2012年（模型5）、2013—2017年（模型6）三个子时间段。观察回归结果（表7），所有模型污染密集型产业集聚一次项系数显著为负，二次项显著为正，显示出极强地稳健性，表明污染密集型产业集聚对长江经济带绿色发展能力确实存在先抑制后促进的U型影响效应。

2.2.5 内生性问题

为克服模型可能存在遗漏变量所导致的内生性问题，本文采用系统GMM模型以最大限度克服该问题，引入被解释变量一阶滞后项考察除解释变量以外的其他因素对被解释变量的影响。系统GMM可以利用滞后的解释变量与被解释变量作为工具变量消除内生性，控制住未被模型观察到的个体效应，且参数估计标准误更小，能够捕捉不随时间变化的变量系数，估计结果更为有效。具体回归结果见表8。

可以看到，各模型AR（1）均通过显著性检验，而AR（2）未通过，表明扰动项不存在自相关，满足系统GMM适用性假定，且Sargan检验无法拒绝“所有工具变量均有效”的原假设，可保证工具变量有效性，并能克服模型内生性问题。滞后一期绿色发展效率对长江经济带绿色发展效率具有促进作用，表明长江经济带绿色发展具有动态累积效应，前期绿色发展成效可为当前绿色发展提供基础支撑和经验借鉴。同时，产业集聚一次项、二次项回归系数均通过显著性检验，前者符号为负，后者符号为正，表明在考虑内生性条件下，污染密集型产业集聚对长江经济带绿色发展的U型影响效应这一判断依然成立，污染产能扩张效应与绿色技术改进效应交替出现。

表7 长江经济带污染密集型产业集聚的绿色经济效应稳健性检验结果

Table 7 Robustness test results of green economy effect of the industrial agglomeration in the YREB

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6
<i>agg</i>	-3.185*** (0.911)	-2.146** (0.957)	-2.521*** (0.388)	-1.910** (0.969)	-3.724*** (0.771)	-0.319** (0.138)
<i>agg</i> ²	2.525*** (0.846)	1.480* (0.831)	1.222*** (0.173)	0.669* (0.387)	1.742*** (0.327)	0.282* (0.158)
<i>industrial</i>		-2.774*** (0.745)	-1.939*** (0.536)	-2.630** (1.256)	-1.846* (1.020)	0.339 (1.024)
<i>environment</i>		-0.121*** (0.023)	-0.060** (0.027)	-0.248*** (0.082)	-0.027 (0.031)	-0.024 (0.042)
<i>technique</i>		-0.025 (0.043)	0.055** (0.027)	-0.375*** (0.098)	0.077 (0.075)	0.212** (0.097)
<i>opening</i>		-0.652*** (0.092)	0.186*** (0.047)	0.295** (0.139)	0.095 (0.110)	0.061 (0.153)
<i>cons</i>	1.641*** (0.235)	3.927*** (0.592)	3.364*** (0.446)	4.593*** (1.136)	3.852*** (0.823)	0.078 (0.905)
<i>F</i> 统计量	21.16*** [0.000]	23.17*** [0.000]	97.25*** [0.000]	23.3*** [0.000]	42.04*** [0.000]	20.35*** [0.002]
<i>R</i> ²	0.189	0.484	0.381	0.365	0.678	0.4925
Hausman 统计量	17.97*** [0.000]	94.65*** [0.000]	84.15*** [0.000]	17.94** [0.012]	13.16* [0.068]	12.25* [0.093]
样本量/个	165	165	165	55	55	55

表8 长江经济带污染密集型产业集聚的绿色经济效应内生性检验结果

Table 8 Endogenous tests on green economy effect of the industrial agglomeration in the YREB

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
<i>efficiency.l</i>	1.290*** (0.273)	1.200*** (0.358)	1.172*** (0.426)	1.222*** (0.415)	0.121** (0.049)
<i>agg</i>	-1.937* (1.181)	-2.226* (1.193)	-4.071** (2.018)	-11.240* (6.907)	-52.228** (24.194)
<i>agg</i> ²	0.599** (0.299)	0.760* (0.405)	1.419* (0.847)	4.211** (1.874)	19.673* (10.672)
<i>industrial</i>		0.742 (1.974)	0.368 (2.073)	1.565 (2.249)	-2.445** (1.147)
<i>environment</i>			-0.024* (0.013)	-0.007 (0.023)	0.022 (0.033)
<i>technique</i>				-0.351* (0.217)	-1.636 (3.444)
<i>opening</i>					-0.686 (1.235)
<i>cons</i>	1.074 (1.203)	0.605 (4.107)	1.732** (0.672)	5.375 (3.672)	33.021* (19.986)
Wald统计量	737.02*** [0.000]	402.28*** [0.000]	329.12*** [0.000]	2370.33*** [0.000]	469.70*** [0.000]
AR (1)	1.621* [0.105]	-2.242** [0.025]	-1.697* [0.0869]	1.869* [0.616]	-1.710* [0.087]
AR (2)	0.745 [0.456]	0.793 [0.428]	0.529 [0.597]	-1.318 [0.187]	0.286 [0.775]
Sargan统计量	7.235 [1.000]	7.070 [1.000]	5.648 [1.000]	2.940 [1.000]	4.028 [1.000]
样本量/个	154	154	154	154	154

3 结论与讨论

从污染密集型产业集聚绿色经济效应的理论机理出发，本文通过识别污染密集型产业的行业边界，采用标准差椭圆方法研判1999—2018年长江经济带污染密集型产业集聚的时空演化特征，进而运用面板数据模型考察2003—2017年污染密集型产业集聚对长江经济带绿色发展能力的影响效应，得出如下研究结论：

（1）长江经济带污染密集型产业集聚态势整体呈下降趋势，以下游地区为主导，产业结构正朝低碳绿色转型。研究周期内长江经济带污染密集型产业集聚程度始终未超过1，相对全国而言低端产能集聚程度较弱，未成为推动经济增长的主导产业，特别是在“生态优先、绿色发展”战略定位下，长江经济带产业结构绿色化成效显著。污染密集型产业集聚弱化趋势主要得益于下游地区产业结构迈向高端化，下游地区产业规模占据绝对优势，引领长江经济带产业集聚发展态势，中上游地区依然存在较强的低端产业发展倾向。长江经济带污染密集型产业集聚地区差异显著，尽管污染密集型产业空间逐渐收缩，其发展趋势呈现出明显地向西南地区和欠发达省份转移倾向，以云南、贵州、江西三省资源型污染密集型产业最为典型，成为长江经济带绿色发展与环境治理的薄弱环节。

(2) 长江经济带污染密集型产业集聚在短期内存在污染扩张效应,对地区绿色发展能力具有侵蚀作用。要素禀赋条件与比较优势理论决定在初始条件下区域发展倾向于增长性强的低技术产业,使得在初始阶段污染密集型产业面临较少的约束条件,实现区域经济增长是政府的主要目标。而污染密集型产业的资源能源利用效率较低,在集聚过程中加速污染密集型产业环境废物生产和排放,长江经济带作为国家经济增长的战略支撑带,经济增长早期存在低端产能扩张与污染扩散倾向,证实理论机理假设1。对于经济发展水平和生产技术条件相对较低的中上游地区,污染密集型产业的污染扩张效应强度要高于下游地区省份,以传统产能基础牢固的中游地区最为突出,面临较大的经济增长与环境保护双重压力。污染型产能扩张在初期对长江经济带绿色发展能力具有不利影响,引致对低端产能的路径依赖。

(3) 长江经济带污染密集型产业集聚存在自我纠正机制,在越过低端集聚阶段后能够迈向高质量发展阶段。尽管污染密集型产业在集聚过程中会加剧长江经济带环境压力,但随着居民环保需求增长与政府环境规制强化,污染密集型产业从无序集聚转为内生集群,企业生产关联与技术能力不断提升,区域环境污染排放与环境压力维持在承载能力阈值内,绿色发展内生动力稳健性增强。与理论机理假设2和假设3一致,长江经济带发展正经历由“先污染”向“后治理”的发展过程,污染密集型产业在区内集聚到一定阶段后,出于市场“绿色产品”激励和政府“共抓大保护”约束,呈现出低排放倾向,促进区域绿色发展能力趋于平衡。绿色转型速度亦呈现出典型的地区分异,与区内经济基础与技术储备具有正相关关系,下游地区最早到达绿色转折点,而中游地区次之,上游地区最为迟滞,上游地区仍存在较强的污染密集型产业发展倾向。

上述研究结论可以预期长江经济带污染密集型产业集聚逐渐朝绿色转型方向发展。为加速实现污染密集型产业生态集聚,可从以下几个方面重点发力:

(1) 加强绿色技术支撑,降低污染密型产业污染属性。组建技术创新联盟,围绕国家重大科技创新工程,以矿产、造纸、化工等重污染行业为重点,推动长江沿线龙头企业与区内重点高校和科研机构开展技术合作,联合攻关污染密集型产业绿色转型关键技术,开发一批重大环保装备,支持污染密集型产业绿色改造升级。设立绿色转型技术研发基金,由中央层面牵头,以下游发达地区省份财政资金为主体,推动长江经济带沿江省份联合设立专项基金用于支持节能环保技术研发,撬动社会资本进入,技术创新红利按照市场化原则进行分配,保障污染密集型产业绿色技术研发资金供给。加快绿色创新成果市场化运用,以具有紧迫性和前瞻性的污染密集型产业绿色技术研发为重点,将技术应用普及率作为后期研发支持参考依据,大力推广绿色节能工艺、设备和管理模式,对应用性强的绿色技术持续加大投入,提升绿色技术创新效率。

(2) 强化污染密集型产业规制力度,防治污染转移。全面落实长江保护法,依法确定各省份主要污染物排放总量指标,对超排地区实行严格的减排要求,从法律层面严控污染密集型产业发展,逐步将长江法列入国家基本法,提升长江污染密集型产业治理的法律权威性。强化统一环境信用体系建设,构建长江经济带工业企业环境信息数据库,根据企业污染排放信息对企业环境信用进行分类评级,对污染密集型行业企业环境行为进行动态监控与严格监管,推动上中下游地区环境信息共用共享,在全域从严惩处环境违法频繁环境信用较低的工业企业,提升企业污染排放生产成本。编制统一产业准入清单,根据长江经济带资源环境承载能力和国土空间开发适宜性,制定统一的高污染高排

放产业准入负面清单,将清单类型细化到三位数和四位数行业,以提升监管可操作性,切实防止下游地区淘汰的污染密集型产业向中上游地区转移集聚。

(3) 积极布局绿色新兴产业,加速污染密集型产业转型接续进程。推动低端过剩产能有序退出,根据能耗、环保、质量等标准,从严控制传统污染型产能规模,对于具备条件能够实现绿色转型的工业企业,给予配套政策支持,深挖传统污染型产能的绿色潜能,对于无法实现节能降耗的工业企业,责令限期“关停并转”,为绿色新兴动能腾出发展空间。发展比较优势型绿色新兴产业,上中下游地区及沿线省份应立足自身产业基础和资源禀赋,有针对性地布局具有较强地区适宜性和发展后劲的特色新兴产业,实现传统产能有序接续。强化绿色制造体系建设,围绕绿色设计平台布局、绿色产品开发、绿色工业园区建设、绿色供应链完善,在污染密集型产业领域实施一批绿色制造示范项目,推动污染密集型产业生态集聚,形成若干具有国际竞争力的世界级产业集群,引领带动长江经济带工业绿色高质量发展。

本文以长江经济带为例,分析其污染密集型产业集聚的时空演化格局及对区域绿色发展效率的影响效应,对践行“生态优先、绿色发展”战略定位具有一定的参考意义。但客观来说,受限于数据可得性,本文还存在着若干不足之处:一是研究周期有待进一步拓展。污染密集型产业污染属性与生产技术清洁性密切相关,早期国家技术整体较为落后,而我国区域发展差异显著,如研究周期可拓展至20世纪八九十年代,对当前西部及欠发达地区工业绿色转型借鉴意义会更为凸显。二是研究尺度有待进一步细化。本文对污染密集型产业集聚问题分析主要基于省域空间尺度展开,而产业活动更多还是集聚于城市空间,城市是现代生产生活活动的中心载体,若研究尺度可下沉到市域尺度,研究结论精准性和建议有效性可能会显著提升。三是研究机制有待进一步理清。本文在实证分析中从污染扩散、技术升级与政府治理层面探讨污染密集型产业集聚绿色经济效应的作用机理,尽管有相关文献支撑,但仍缺乏变量模型证实。克服上述不足之处是本文未来研究的拓展方向,以期加速长江经济带污染密集型产业生态集聚与经济绿色高质量发展提供更为科学的参考依据。

参考文献(References):

- [1] 田东文,焦畅. 污染密集型产业对华转移的区位决定因素分析. 国际贸易问题, 2006, (8): 120-124. [TIAN D W, JIAO Y. Analysis on how factors determines foreign investment distribution in pollution-intensive industries of China. Journal of International Trade, 2006, (8): 120-124.]
- [2] 赵细康. 环境保护与产业国际竞争力: 理论与实证分析. 北京: 中国社会科学出版社, 2003. [ZHAO X K. Environmental Protection and Industrial International Competitiveness: Theoretical and Empirical Analysis. Beijing: China Social Sciences Press, 2003.]
- [3] 王亚平,曹欣欣,程钰,等. 山东省污染密集型产业时空演变特征及影响机理. 经济地理, 2019, 39(1): 130-139. [WANG Y P, CAO X X, CHENG Y, et al. Spatio-temporal evolution and influencing mechanism of pollution-intensive industries in Shandong province. Economic Geography, 2019, 39(1): 130-139.]
- [4] TOBEY J A. The effects of domestic environmental policies on patterns of world trade: An empirical test. Kyklos, 1990, 43(2): 191-209.
- [5] 段娟,文余源. 特大城市群污染密集型产业转移与决定因素: 以京津冀为例. 西南民族大学学报: 人文社科版, 2018, 39(2): 127-136. [DUAN J, WEN Y Y. The transfer of pollution-intensive industries and its determinants in megacities: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei. Journal of Southwest Minzu University: Humanities and Social Science, 2018, 39(2): 127-136.]
- [6] 仇方道,蒋涛,张纯敏,等. 江苏省污染密集型产业空间转移及影响因素. 地理科学, 2013, 33(7): 789-796. [QIU F D,

- JIANG T, ZHANG C M, et al. Spatial relocation and mechanism of pollution-intensive industries in Jiangsu province. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(7): 789-796.]
- [7] HU J, LIU Y, FANG J, et al. Characterizing pollution-intensive industry transfers in China from 2007 to 2016 using land use data. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 223: 424-435.
- [8] 崔建鑫, 赵海霞. 长江三角洲地区污染密集型产业转移及驱动机理. *地理研究*, 2015, 34(3): 504-512. [CUI J X, ZHAO H X. Spatial relocation of pollution-intensive industry and the mechanism in Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 2015, 34(3): 504-512.]
- [9] ZHU S, HE C, YING L. Going green or going away: Environmental regulation, economic geography and firms' strategies in China's pollution-intensive industries. *Geoforum*, 2014, 55: 53-65.
- [10] ELLIOTT R J R, SHIMAMOTO K. Are ASEAN countries havens for Japanese pollution-intensive industry?. *The World Economy*, 2008, 31(2): 236-254.
- [11] 田光辉, 苗长虹, 胡志强, 等. 环境规制、地方保护与中国污染密集型产业布局. *地理学报*, 2018, 73(10): 1954-1969. [TIAN G H, MIAO C H, HU Z Q, et al. Environmental regulation, local protection and the spatial distribution of pollution-intensive industries in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(10): 1954-1969.]
- [12] ZHOU Y, ZHU S, HE C. How do environmental regulations affect industrial dynamics? Evidence from China's pollution-intensive industries. *Habitat International*, 2017, 60: 10-18.
- [13] 胡德宝, 贺学强. 环境规制与污染密集型产业区域间转移: 基于EKC和PPH假说的实证研究. *河北经贸大学学报*, 2015, 36(4): 95-101. [HU D B, HE X Q. Environmental regulation and pollution intensive industry transfer across areas. *Journal of Hebei University of Economics and Business*, 2015, 36(4): 95-101.]
- [14] 秦炳涛, 葛力铭. 相对环境规制、高污染产业转移与污染集聚. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(12): 52-62. [QIN B T, GE L M. Relative environmental regulations, pollution-intensive industry transfer and pollution agglomeration in China. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(12): 52-62.]
- [15] 张倩倩. 环境规制下FDI对环境质量的影响: 基于污染密集型行业分类的门槛效应研究. *河南大学学报: 社会科学版*, 2020, 60(3): 93-99. [ZHANG Q Q. Influence of FDI on environmental quality under environmental regulation: A study based on threshold effect in classification of pollution intensive industries. *Journal of Henan University: Social Science*, 2020, 60(3): 93-99.]
- [16] 上官绪明, 葛斌华. 地方政府税收竞争、环境治理与雾霾污染. *当代财经*, 2019, (5): 27-36. [SHANGGUAN X M, GE B H. Local government tax competition, environmental governance and haze pollution. *Contemporary Finance & Economics*, 2019, (5): 27-36.]
- [17] 谢凡. 环境规制下污染密集型产业的熊彼特利润测算. *中国科技论坛*, 2015, (3): 60-66. [XIE F. Schumpeter profit measurement of pollution-intensive industries under environmental regulation. *Forum on Science and Technology in China*, 2015, (3): 60-66.]
- [18] 李玮, 包晓斌. 京津冀地区大气污染协同治理的实践困境及其破解路径. *改革*, 2021, (2): 146-155. [LI J, BAO X B. The practical dilemma and solution path of collaborative governance of air pollution in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Reform*, 2021, (2): 146-155.]
- [19] 卢丽文, 宋德勇. 长江经济带水污染密集型产业时空格局演变及影响因素研究. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(12): 2597-2606. [LU L W, SONG D Y. Temporal and spatial pattern evolution and influencing factors of water pollution intensive industry in the Yangtze River Economic Belt. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(12): 2597-2606.]
- [20] 周沂, 贺灿飞, 刘颖. 中国污染密集型产业地理分布研究. *自然资源学报*, 2015, 30(7): 1183-1196. [ZHOU Y, HE C F, LIU Y. An empirical study on the geographical distribution of pollution-intensive industries in China. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(7): 1183-1196.]
- [21] 蔡海亚, 徐盈之, 赵永亮. 产业协同集聚、制造业效率与雾霾污染. *中国地质大学学报: 社会科学版*, 2020, 20(2): 60-73. [CAI H Y, XU Y Z, ZHAO Y L. Co-agglomeration, manufacturing efficiency and haze pollution. *Journal of China University of Geosciences: Social Sciences Edition*, 2020, 20(2): 60-73.]
- [22] 王康, 李志学, 周嘉. 环境规制对碳排放时空格局演变的作用路径研究: 基于东北三省地级市实证分析. *自然资源学报*, 2020, 35(2): 343-357. [WANG K, LI Z X, ZHOU J. The effects of environmental regulation on spatio-temporal carbon emissions patterns: Empirical analysis of prefecture-level cities in Northeast China. *Journal of Natural Resource*

- es, 2020, 35(2): 343-357.]
- [23] 宋爽. 环境规制的空间外溢与中国污染产业投资区位转移. 西部论坛, 2019, 29(2): 113-124. [SONG S. The spatial spillover of environmental regulation and regional transfer of polluting industry investment in China. West Forum, 2019, 29(2): 113-124.]
- [24] 王兆峰, 刘庆芳. 长江经济带旅游生态效率时空演变及其与旅游经济互动响应. 自然资源学报, 2019, 34(9): 1945-1961. [WANG Z F, LIU Q F. The spatio-temporal evolution of tourism eco-efficiency in the Yangtze River Economic Belt and its interactive response with tourism economy. Journal of Natural Resources, 2019, 34(9): 1945-1961.]
- [25] 黄磊. 产业集聚提升了长江经济带城市工业绿色发展效率吗?. 湖北大学学报: 哲学社会科学版, 2021, 48(1): 115-125. [HUANG L. Does the industrial agglomeration improve the cities' efficiency of industrial green development in Yangtze River Economic Belt?. Journal of Hubei University: Philosophy and Social Science, 2021, 48(1): 115-125.]
- [26] 李在军, 胡美娟, 张爱平, 等. 工业生态效率对PM_{2.5}污染的影响及溢出效应. 自然资源学报, 2021, 36(3): 737-751. [LI Z J, HU M J, ZHANG A P, et al. Influence and spillover effect of industrial eco-efficiency on PM_{2.5} pollution. Journal of Natural Resources, 2021, 36(3): 737-751.]

Spatial and temporal characteristics of pollution intensive industrial agglomeration and its green economy effect in the Yangtze River Economic Belt

HUANG Lei^{1,2,3}, WU Chuan-qing^{3,4}

(1. College of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Collaborative Innovation Center for Non-public Economic Development and Poverty Alleviation Back-feeding in Western China, Chongqing 400715, China; 3. Center for Regional Economics, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 4. China Institute of Development Strategy and Planning, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Pollution control is the difficulty and pain point of ecological protection and green development in the Yangtze River Economic Belt (YREB), and pollution intensive industrial agglomeration is the severe inducement of environmental problems. Based on the mechanism of green development efficiency, this paper uses the weighted standard deviation ellipse method and other methods to identify the spatial-temporal evolution pattern of pollution intensive industrial agglomeration in 11 provincial-level regions of the YREB, and then explores its green economy effect. The results show that: the degree of pollution intensive industrial agglomeration in the YREB is lower than the national level, the industrial structure is transforming towards green and low-carbon development; the pollution intensive industrial agglomeration areas in the YREB are significantly different, the pollution production capacity in the middle and upstream areas is strong; the pollution intensive industrial agglomeration has an inhibitory effect on the green development capacity of the YREB in the short term, however, the pollution intensive industry cluster has a long-term green transformation mechanism, and the transition rate in the upper, middle and lower reaches rises gradually. The results can provide reference for promoting the industrial green agglomeration in the study area.

Keywords: pollution intensive industry; YREB; industrial agglomeration; green development; influential effect