

中国三大流域制造业绿色转型效率评价 及影响因素研究¹

田泽¹, 方琪², 鞠云¹, 任阳军¹

(1.河海大学商学院, 江苏常州 213001;2.河海大学商学院, 江苏南京 211100)

摘要: “双碳”目标下, 制造业的绿色转型发展是实现碳达峰碳中和愿景的重要推动力。流域是生态文明建设的重要依托, 基于长江、黄河、珠江三大流域 21 个省(市、区)2006~2020 年的面板数据, 利用非期望产出超效率 SBM 模型测算制造业绿色转型效率, 从效率水平、动态变化、差异分析角度进行多层次比较, 并利用 Tobit 模型分析制造业绿色转型的影响因素。研究表明: 三大流域制造业绿色转型效率整体呈现波动上升趋势, 流域间制造业绿色转型效率存在不均衡现象, 其中长江流域、珠江流域制造业绿色转型效率水平明显高于黄河流域; 城镇化水平、环境规制、外商投资等因素对流域制造业绿色转型效率有显著影响, 人力资本因素尚未产生显著影响, 并据此得出提升三大流域制造业绿色转型效率的相关对策建议。

关键词: 三大流域; 绿色转型; 效率评价; 超效率 SBM 模型; 影响因素

中图分类号: F427 文献标识码: A 文章编号: 1004-8227(2023)10-2072-13

DOI:10.11870/cjlyzyyhj202310007

党的二十大报告提出实现中国式现代化目标, 其中包含“加快建设制造强国”的重大任务。绿色是中国制造业高质量发展的鲜明底色, 而我国提出力争于 2030 年前碳排放达到峰值, 争取 2060 年前实现碳中和, 并且将“双碳”目标纳入生态文明建设整体布局。在推进制造业高质量发展、实现“双碳”目标大背景下, 改变制造业粗放型的发展模式, 实现制造业企业向低能耗低排放发展, 进一步推动制造业的绿色转型显得更为重要。《中国制造 2025》指出制造业要走绿色发展道路, 以可持续发展为着力点, 加强绿色技术创新, 实现低碳减排目标。我国经济正处于转型关键期, 以流域为依托, 加强三大流域生态保护建设, 推动三大流域制造业绿色转型对于促进制造业碳减排和实现经济高质量发展具有十分重要的意义。

基于“双碳”战略目标的提出, 绿色转型(Green Transformation)这一概念成为广受关注的热点议题。解学梅等[1]将绿色转型总结为一种生产全过程绿色化、绿色创新为核心、绿色发展理念为指导, 从而实现经济社会高质量发展的绿色发展模式。随着对绿色转型理论的研究深入, 学者们从实践层面运用不同的方法对绿色转型效率进行测度。当前常用的效率测算方法主要有指标体系评价[2,3](Index System Evaluation)、随机前沿分析法[4](Stochastic Frontier Analysis, SFA)以及数据包络分析法[5,6,7](Data Envelopment Analysis, DEA)等。数据包络分析方法可处理多投入、多产出的效率测算, 并且对不同决策单元的效率值进行比较, 被广泛应用于绿色效率评价。Tone[8]提出 SBM 模型, 该模型不仅考虑了非期望产出, 并且解决了指标中存在的非零松弛问题。冯杰等[9]针对计算绿色全要素生产率效率值的 DEA 模型选择进行对比研究, 认为 SBM 模型是能够更好反映测得的效率值现实含义的一种模型。马志强等[10]选择采用超效率 SBM 模型来测度工业绿色创新效率, 该种模型充分考虑经济生产中的非期望产

¹ 收稿日期: 2022-11-22;修回日期: 2023-03-17

基金项目: 国家社科基金后期资助项目(21FJYB047); 江苏省创新支撑计划软科学研究(BR2022053);中央高校基本科研业务专项资助(B220207035,B210207018)

作者简介: 田泽(1964~),男,教授,主要研究方向为低碳经济政策及国际贸易投资.E-mail:tianze21@126.com

出,对于绿色效率的测度更加准确。总体而言,数据包络分析法在进行绿色效率测度时是较为常见的方法,而SBM模型又因可以更准确地测度效率值而被广泛使用。

从对绿色转型发展的研究部门来看,传统工业部门碳排放较高,工业行业绿色低碳发展需求迫切[11],许多学者基于工业部门的绿色转型、绿色发展进行理论和实证研究。史丹[12]分析我国工业绿色发展现状,研究推进工业绿色发展的新动力。实证研究方面,鹿晨昱等[13]对我国工业绿色发展水平进行时空综合测度,肖滢等[14]对资源型城市的绿色转型效率进行了测度。在绿色转型影响因素的实证研究方面,童健等[15]通过对我国省级数据的实证分析,认为环境规制对工业转型的影响呈现J型特征;万攀兵等[16]认为环境技术标准对推动制造业企业绿色转型具有正向作用。彭薇等[17]指出技术创新会对工业绿色转型升级产生正向影响,张峰等[18]则发现技术进步对不同经济圈制造业绿色转型促进效果存在差异。此外,数字经济[19]、对外投资[20]等因素也会对绿色高质量发展水平产生影响,这些研究为制造业绿色转型影响因素的研究提供了基础。综合来看,大部分研究依旧以工业部门为主,专门针对制造业绿色转型研究的文献还比较少。

从研究区域来看,多数研究按照地理位置以及行政区域,以我国省级行政区[21]或城市群[22]、资源型城市[23]为研究对象,对绿色转型进行分析。随着长江经济带发展战略与黄河流域生态保护和高质量发展战略等战略的提出,越来越多的学者将研究聚焦于流域绿色发展。吴遵杰等[24]对长江经济带108个地级市的绿色加绩效及其分解项进行测度,并研究其时空分布及演化特征。黄成等[25]测度了2011~2017年长江经济带工业绿色转型效率,并对工业绿色转型与生态文明建设的协同效应进行研究。苟兴朝等[26]则对黄河流域省(市、区)的乡村绿色发展水平以及区域差异进行了测度与分析。整体来看,现有文献依旧以省级行政区或城市层面的研究为主,对流域尤其是流域间的比较研究有待进一步补充完善。

上述关于绿色转型的研究为本文的进一步研究提供了基础,但现有研究也尚存不足之处:(1)制造业是工业的主体,制造业的发展对减少工业污染[27],促进工业化进程绿色发展具有加速作用。但目前针对制造业绿色转型效率的评价测度和影响因素的研究尚有空缺,有待进一步丰富和探索。(2)目前大多数研究是对单独流域或省级区域进行分析,缺少对于我国不同流域间制造业绿色转型效率的对比研究。鉴于此,本文的研究特色和可能的边际贡献在于:基于双碳目标视角,利用非期望产出的超效率SBM模型对我国长江流域、黄河流域以及珠江流域三大流域21个省(市、区)的制造业绿色转型效率进行测度,运用泰尔指数等对流域制造业绿色转型水平进行深层次、多维度的对比分析,并研究制造业绿色转型的关键影响因素。在此基础上给出三大流域制造业绿色高质量发展的相关对策,以期能够为提升三大流域的制造业绿色发展水平,减少能源资源消耗,促进减碳目标的实现提供经验借鉴。

1 理论基础与研究假设

根据中国社会科学院工业经济研究所课题组[28]的研究,制造业绿色转型的重点在于实现制造业的绿色化、低碳化。制造业的绿色转型不仅仅要求制造业行业生产效率的提升,而且强调生产过程中的环境效益。从投入产出的角度进行分析,制造业企业如何从高投入产出、高能耗、高污染的生产模式转变为绿色低碳的生产模式,实现生产效益和环境效益的双赢,进而实现制造业的绿色转型这一问题就十分重要。为推动制造业绿色转型效率的提升,对可能影响三大流域制造业绿色转型效率的影响因素进行研究。根据前人的相关研究以及现有理论,选取以下影响因素并进行理论分析和假设如下:

(1)产业结构。

产业结构升级是新时期我国经济高质量发展的重要课题,推进产业结构的进一步优化升级,需要发挥高技术制造业、装备制造制造业等制造业企业的带动作用。在制造业绿色转型过程中,绿色生产技术的发展进步会促进生产产品的绿色化和清洁化,进而促进产业结构的高级化、合理化[29],而合理的产业结构又会进一步促进制造业的绿色低碳发展。鉴于此,本文认为产业结构可能对制造业绿色转型效率产生促进作用,提出以下假设:

H1:产业结构对制造业绿色转型效率存在正向促进作用。

(2)城镇化水平。

当前我国城镇化率不断提升，城镇化过程中，劳动力和经济生产活动会向城镇集中，相应地会带来促进消费、增加规模经济效应等一系列积极影响[30]。城镇化率的提升会促进基础设施的完善与建设，而基础设施的完善会进一步影响制造业企业的生产、销售等环节。此外，城镇化水平的提升在一定程度上意味着环境治理能力的提升，这也正是绿色发展的题中之义。因此，做出如下假设：

H2:城镇化水平对制造业绿色转型效率存在正向促进作用。

(3)人力资本。

人力资本的衡量，主要以平均受教育年限来衡量劳动力质量。按照现有文献的通常做法，平均受教育年限的提升意味着劳动力质量的提高。王珊珊等[31]通过研究认为创新型人力资本、高级教育人力资本能够显著促进绿色转型，通过充分发挥人力资本的积极作用，能够对绿色转型产生显著作用。一方面，人力资本能够通过提升劳动力的技术能力来提升制造业企业的生产水平，发挥人力资本的技术红利；另一方面，人力资本还有可能促进企业技术的进步，通过绿色技术的研发和高技术水平产品的生产提升制造业绿色高质量发展水平。因此，做出如下假设：

H3:人力资本对制造业绿色转型效率存在正向促进作用。

(4)外商投资。

吴传清等[29]对长江经济带制造业绿色发展进行研究，发现外商投资显著推动了制造业绿色化发展。在国内国际“双循环”新发展格局下，我国对外开放水平步入更高水平，国内国际投资活动逐渐扩大，为获得逆向技术溢出、促进制造业绿色技术进步提供了良好的条件。在外商投资的过程中，往往低耗能、高资源利用率的制造业企业更受到外商投资的偏好，外资引进门槛不断提升，为制造业企业绿色化转型提供了动力。并且外商投资还能够引入国际上更为通用环保的行业绿色生产标准[32],推动技术进步和企业管理模式的优化，促进制造业绿色转型。因此，做出如下假设：

H4:外商投资对制造业绿色转型效率存在正向促进作用。

(5)环境规制。

环境规制指标主要表现为政府所制定的环境规制政策。学术界目前有关环境规制对绿色转型发展的影响主要有两种观点，一是以新古典经济学派为代表的“成本约束效应”观点，该观点认为在环境规制的各种条件约束下，会给企业带来额外的生产成本，进而阻碍绿色发展；第二种观点以“波特假说”为代表，认为环境质量与产品质量之间可以实现双赢，环境规制能够通过促进企业的绿色技术创新扩大企业生产规模，提升产品质量[33]。杨岚等[34]针对环境规制与城市制造业转型升级的研究认为环境规制能够显著促进制造业转型升级，并且在当前流域生态保护和高质量发展战略下，环境规制能够对流域污染产生较强的约束作用[35]。虽然环境规制会一定程度上提高企业的清洁生产成本，但是从长期来看，硬性的环境约束也会促使企业进行生产技术的创新与升级，淘汰高污染、高能耗的制造业企业，从而提升制造业企业的绿色转型水平。因此，认为环境规制可能对制造业绿色转型产生积极影响：

H5:环境规制对制造业绿色转型效率存在正向促进作用。

(6)经费投入。

R&D 经费投入对绿色创新水平有一定的促进作用，加大 R&D 经费内部支出，可能会在一定程度上促进制造业企业的技术水平提高。但是相较于人力投入而言，制造业经费投入转化为实际的研究成果需要较长的时间，并且专利转化为绿色生产技术的机制依旧存在一定的欠缺，对制造业行业的绿色生产技术提升针对性不强，在短期内经费投入获得的产出效益并不显著。因此，提出如下假设：

H6:经费投入对制造业绿色转型效率存在负向抑制作用。

2 研究区域与指标选取

2.1 研究区域

长江流域、黄河流域以及珠江流域是中国最重要的三大流域，占我国国土面积 31%以上，人口分布密集。其中，长江流域和黄河流域是中华文化的两大发祥地，长江是我国第一大河流，长江经济带是我国重要的发展战略区域，横跨东中西三大板块，工业总量占全国工业总量的 40%以上；黄河是中华民族的母亲河，2019 年 9 月习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上指出要坚持绿色发展理念，做好黄河流域生态建设和绿色高质量发展工作；珠江是中国第二大河流，自然条件优越，拥有丰富资源，珠江三角洲是我国重要的工业基地之一。流域不仅关乎经济社会生产生活，在建设生态文明，推进经济高质量发展方面也有着不可替代的重要依托作用。考虑到数据的可获得性，结合《长江经济带发展规划纲要》《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》以及地理位置、流经地域所占比例等条件，本文选取长江、黄河、珠江流域三大流域共 21 个省、自治区、直辖市为研究区域。

2.2 指标选取与数据来源

2.2.1 绿色转型效率评价指标

综合数据可得性和准确性，在前人的研究基础上，本文选择以下投入产出指标进行相关测度：首先是投入指标的选取，选取各省份制造业年平均用工人数(万人)作为劳动力投入；资本投入采用各省份规模以上制造业企业年度固定资产净值(万元)表示；能源投入选取各省份制造业行业能源消耗量(根据各种能源折标准煤参考系数折算为万 t 标准煤)表示。从整体来看，制造业一直是工业行业的主体部分，所占比重很大，目前工业企业数据库对于制造业行业的数据多有缺失，部分规模以上工业企业数据以制造业为主[36],因此可以综合选择以工业相关数据代替制造业数据[37]。在产出指标的选取上，由于工业总产值包含中间投入成本，相对工业增加值更适合作为期望产出指标，因此选择各省份规模以上工业企业总产值(亿元)作为期望产出。非期望产出指标综合选择工业废水中化学需氧量(t);工业废气中 SO₂ 排放总量(万 t);工业中烟尘排放量(万 t)表示。

数据资料主要来自《中国环境统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国经济普查年鉴 2018》、各省 2006~2021 年的统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报以及中国宏观经济数据库。此外，因统计年鉴统计方法变更等原因，部分年份制造业、工业企业的相关数据缺失，借鉴张少华和李苏苏的研究[38],采取插值法、移动平均法等方法对缺失数据进行了补足。所有指标及相应的基本统计描述如下表 1 所示。

表 1 投入产出指标描述性统计

指标名称	单位	最大值	最小值	平均值	标准差
制造业就业人数	万人	1 533.720 0	8.984 6	307.964 3	356.156 5
规模以上制造业企业固定资产净值	亿元	32 403.860 0	211.248 1	6 451.475 8	6 448.595 1
能源消耗量	万 t 标准煤	31 805.200 0	1 426.350 0	10 156.121 0	6 375.127 8
规模以上工业企业总产值	亿元	157 640.200 0	640.663 7	33 072.791 1	35 999.445 6
工业废水中化学需氧量	t	67.946 4	0.162 2	10.880 5	10.070 2
工业废气中烟尘排放量	万 t	168.700 0	0.520 0	53.575 7	39.213 8
工业废气中 SO ₂ 排放量	万 t	114.510 7	0.789 9	32.306 3	20.985 7

2.2.2 影响因素指标选取

基于理论分析基础，选择产业结构、城镇化水平、人力资本、外商投资、环境规制、经费投入六个变量为解释变量。各地区的产业结构用第二产业占 GDP 的比重来表示；城镇化水平用各地区常住人口的城镇化率表示；人力资本用人均受教育年限表示；外商投资用外商直接投资额表示，为消除数据量级差异，对其进行对数化处理；基于任晓松等[39]、郝寿义等[40]的做法，利用各省(市、区)的工业废水排放量、工业 SO₂ 排放量和工业烟尘排放量，通过熵值法计算出环境规制综合指数来衡量各地区环境规制；研发经费用各地区 R&D 经费内部支出表示，并对其对数化处理。

数据资料主要来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及各省、自治

区、直辖市统计年鉴及统计公报。对于个别指标存在缺失值的情况，利用插值法进行补充。各个影响因素指标及其描述性统计如下表 2 所示。

表 2 三大流域制造业绿色转型效率影响因素变量及描述性统计

影响因素	数据选取	符号表示	平均值	标准差
产业结构	第二产业占 GDP 的比重	IND	0.464 2	0.065 0
城镇化水平	常住人口城镇化率	URB	0.529 2	0.126 0
人力资本	人均受教育年限(a)	HC	8.698 0	0.875 2
外商投资	外商直接投资额(亿元)	lnFDI	5.139 6	1.715 0
环境规制	熵值法计算环境规制指数	ER	0.570 2	0.533 3
研发经费	R&D 经费内部支出(亿元)	lnRD	5.059 6	1.512 7

3 研究方法

3.1 超效率非期望产出 SBM 模型

制造业绿色转型效率的测度应当将劳动、资本等生产要素和能源、资源等投入和要素统一纳入，而传统的 DEA 模型在对决策单元(DMU)的效率值进行测算时，仅从单一的投入或产出的角度出发，对产出的松弛性问题也没有充分考虑。Tone Kaoru 于 2001 年提出了非径向和非角度的 SBM 模型(Slack Based Measure, SBM),这一模型进一步将松弛变量考虑在内。投入导向的 SBM 模型可表达为：

$$\begin{aligned}
\min \rho &= 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}} \\
s. t. \quad &X\lambda + s^- = x_k \\
&Y\lambda \geq y_k \\
&\lambda, s^- \geq 0
\end{aligned} \tag{1}$$

传统 SBM 模型得出的最大效率值为 1,如果有效决策单元比较多,则对效率值相同的决策单元无法进行进一步的比较区分。针对这一问题,“超效率”模型(Super Efficiency Model)将被评价决策单元从参考集中剔除,将其效率值参考其他决策单元构成的前沿得出,对有效决策单元值进行进一步区分。超效率 SBM 模型可以非径向调整投入产出的松弛变量,同时考虑非期望产出要素,改进效率值。此外,超效率模型可以进行跨期比较,分析效率值变动情况。综合考虑流域制造业绿色转型效率衡量需要,采用非期望产出的超效率 SBM 模型计算三大流域制造业绿色转型效率,模型表示为:

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{p+q} \left(\sum_{r=1}^p \frac{s_r^t}{y_{rk}^t} + \sum_{r=1}^q \frac{s_r^b}{y_{rk}^b} \right)} \tag{2}$$

式中: ρ 表示制造业绿色转型效率值; n 为投入指标个数; p 、 q 分别为期望产出和非期望产出指标个数; x 、 y^t 、 y^b 分别为投入向量、期望产出向量和非期望产出向量; s^- 、 s^t 、 s^b 为相对应的松弛变量。 λ 为权重向量, $\lambda \geq 0$,约束条件为:

$$\begin{aligned}
s. t. \quad &x_k = X\lambda + s^- \\
&y_k^t = Y\lambda - s^t \\
&y_k^b = Y\lambda + s^b \\
&s^-, s^t, s^b \geq 0
\end{aligned} \tag{3}$$

3.2 Tobit 回归模型

Tobit 回归模型的优势在于对截断数据的处理,为了对三大流域制造业绿色转型效率的影响因素进行研究,将应用超效率 SBM 模型测度出的制造业绿色转型效率值作为被解释变量,选择 Tobit 模型进行回归分析, Tobit 模型的一般表达如下:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} \tag{4}$$

式中： Y_{it} 表示第 i 地区 t 时期的制造业绿色转型效率值； α_i 为常数项； β 为回归参数向量； u_{it} 为随机误差项。结合 2006~2020 年长江、黄河、珠江流域所包含的省(市)制造业绿色转型面板数据，建立具体 Tobit 模型如下：

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 IND + \beta_2 URB + \beta_3 HC + \beta_4 \ln FDI + \beta_5 ER + \beta_6 \ln RD + u_{it} \quad (5)$$

3.3 泰尔指数

泰尔指数(Theil Index)最早由 Theil 和 Henri 提出, 用于计算收入不平等情况, 衡量收入差距, 后被广泛应用于计算区域差异。泰尔指数能够较好地反映三大流域制造业绿色转型发展的差异水平, 本文将泰尔指数引入对于制造业绿色转型效率的研究当中, 泰尔指数的值越小, 说明区域差异越小, 反之则说明区域差异越大, 计算公式:

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} \log \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) \quad (6)$$

式中： n 为流域内省、自治区、直辖市的数量； \bar{y} 为各流域制造业绿色转型效率平均值； y_i 为各个省、自治区、直辖市的制造业绿色转型效率值。

3.4 核密度估计

核密度估计(Kernel Density Estimation)是一种非参数估计方法, 该方法从数据样本本身出发, 利用核函数估计随机变量分布密度函数, 该估计方法可以将所研究样本的区域差异演变通过平滑曲线直观反映出来。采用核密度估计研究制造业绿色转型三大流域差异演变状况。对于本研究给定的样本, 设 θ 为随机变量, 其密度函数为 $f(\theta)$, 则对应的概率密度函数为:

$$f(\theta) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \left(\frac{\theta - \theta_i}{h} \right) \quad (7)$$

式中： n 为观测值个数； h 为带宽； $K(\cdot)$ 为核密度函数。带宽 h 决定了核密度估计的准确度和平滑程度, 带宽越大, 则核密度函数会越光滑, 核密度估计越准确; 反之, 带宽越小, 核密度估计的准确度越低。

4 实证结果分析

4.1 三大流域制造业绿色转型水平分析

运用非期望产出的超效率 SBM 模型对三大流域 21 个省级行政区 2006~2020 年的制造业绿色转型效率进行测算。计算出三大流域各个省、自治区、直辖市绿色转型效率均值及排名如下表 3 所示。分流域来看: (1)长江流域的制造业绿色转型效率呈现出“上游高, 下游低”的典型特征, 均值排名从高至低分别为上海市、江苏省、安徽省、浙江省、湖北省、四川省、重庆市。其中排名最高的为上海市, 制造业绿色转型效率均值为 1.209 8, 其次为江苏省 0.974 4, 浙江省和安徽省的均值都大于 0.85, 长江流域其余三个省份均值在 0.70~0.80 之间。(2)黄河流域省(市、区)制造业绿色转型效率整体较低, 甘肃、宁夏、青海三个省区的均

值排名为最末,制造业绿色转型发展水平有待进一步提升;山东、内蒙古两个省区的制造业绿色转型效率大于 1,是黄河流域制造业绿色转型效率较高的两个省区。处在中间的是制造业绿色转型效率为 0.874 4 的陕西省,以及山西省、河南省,均值分别为 0.750 9、0.793 9。(3)珠江流域省(市、区)的制造业绿色转型效率较为均衡,除广东省 1.175 4 排名整体第 2 以外,江西省和广西壮族自治区的均值均大于 0.80,贵州省和云南省均值都大于 0.70,这些省区整体排名在三大流域中处于中间位置。

整体来看,长江流域、珠江流域的制造业绿色转型发展水平高于黄河流域,这得益于相对较好的自然禀赋条件以及经济发展水平。长江流域人口规模大、经济总量高、综合实力强,长江经济带是我国重要的战略发展地区,具有得天独厚的制造业绿色高质量发展基础和战略优势。珠江流域整体制造业绿色转型水平较为均衡,珠三角城市群对周边地区有着辐射作用,通过城市群“点”的高质量发展带动珠江流域“面”上的制造业绿色发展。近年来,国家加大对黄河流域的生态环境治理力度,但黄河流域生态环境基础差,部分沿黄河流域地区的重污染制造业企业集中,经济发展和环境保护存在一定冲突。应当依托黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略,出台制造业领域高质量改革措施,推动黄河流域制造业绿色发展水平持续向好与不断向优。

表 3 2006~2020 年三大流域制造业绿色转型效率均值及排序

流域	省区	绿色转型效率均值	排名
长江流域	上海	1.209 8	1
	江苏	0.974 4	5
	浙江	0.851 3	8
	安徽	0.859 0	7
	湖北	0.787 0	12
	重庆	0.705 2	18
	四川	0.744 7	15

黄河流域	山西	0.750 9	14
	内蒙古	1.147 1	3
	山东	1.006 5	4
	河南	0.793 9	11
	陕西	0.874 4	6
	甘肃	0.625 1	19
	青海	0.596 8	21
	宁夏	0.613 6	20
珠江流域	江西	0.850 2	9
	湖南	0.777 1	13
		1.175 4	2

	广东		
	广西	0.809 4	10
	贵州	0.732 0	16
	云南	0.728 4	17

4.2 三大流域制造业绿色转型动态变化

4.2.1 三大流域制造业绿色转型效率时间演变

对三大流域 2006~2020 年的制造业绿色转型效率水平进行比较, 如下图 1 所示。长江流域和珠江流域制造业绿色转型效率整体呈现波动上升趋势, 黄河流域制造业绿色转型效率水平波动较大, 2017 年后出现波动下降趋势。研究初期, 长江流域制造业绿色转型效率值最高、珠江流域次之, 黄河流域最末; 至 2020 年, 珠江流域制造业绿色转型效率值反超长江流域, 黄河流域制造业绿色转型效率值则明显低于其他两个流域。研究期间的绿色转型效率值变化说明黄河流域作为我国生态文明建设的重要部分, 在制造业行业的绿色高质量发展方面有所落后于其他两大流域。

此外, 值得关注的是在 2017 年前, 长江流域制造业绿色转型效率水平略高于珠江流域, 2017 年后珠江流域则高于长江流域, 长江流域和珠江流域均在 2016 年达到制造业绿色转型效率的最大值。黄河流域制造业绿色转型效率值在 2018 年出现了较大幅度的下降, 达到最低值。制造业绿色转型效率的波动与我国近几年的制造业增速下行, 产业结构升级较为缓慢等问题密切相关。长江流域和珠江流域整体效率值较高, 制造业高质量发展稳步推进, 黄河流域效率值偏低, 制造业整体效率改善存在较大的提升空间和发展潜力。

4.2.2 三大流域制造业绿色转型空间分布格局

利用 ArcGIS 软件绘制出 2006、2010、2020 年 3 个代表性年份三大流域所包含的省(市、区)制造业绿色转型效率的分布情况(图 2(a~c)), 可以更加直观地对比三大流域绿色转型效率的空间格局变化。绿色转型效率值越大则颜色越深, 反之颜色越浅。在研究期内, 整体三大流域省区制造业绿色转型效率呈现增长态势, 但不同年份空间分布格局有所波动。在研究初期 2006 年, 黄河流域、珠江流域大部分省区的绿色转型水平较低, 高效率值的省区呈现出空间聚集特征, 主要分布在长江上游上海、江苏、浙江等省市。2006~2010 年期间, 大部分省区制造业绿色转型效率值增长, 高绿色转型效率值地区的溢出效应向周边地区辐射扩散, 带动整体效率值的均衡和提升。

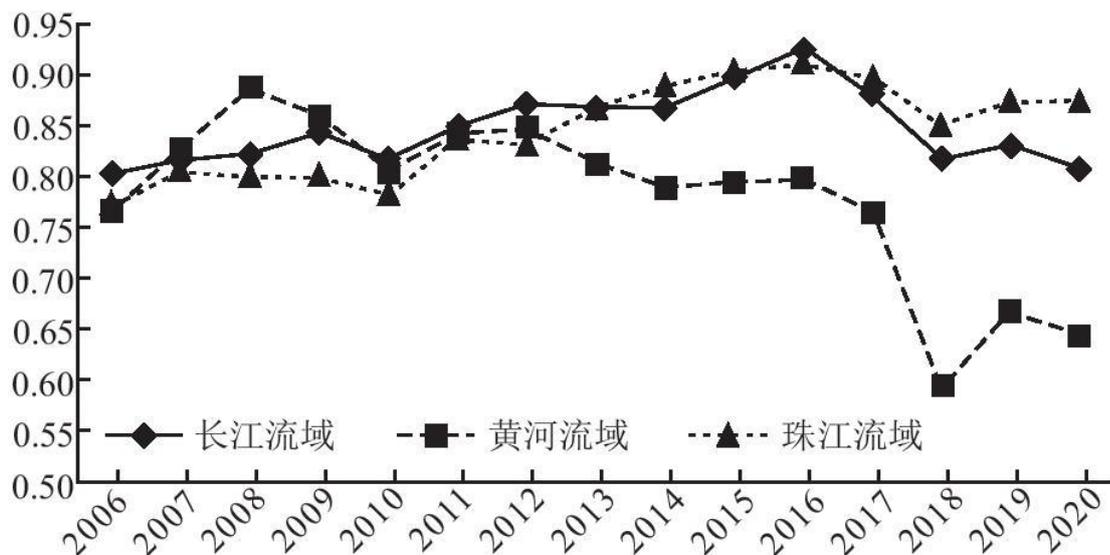


图1 2006~2020年三大流域制造业绿色转型效率变化

从2010~2020年10年间的变动来看，整体上三大流域各省(市、区)绿色转型效率值得到提升，长江上游地区制造业绿色转型效率领先优势减弱，原因是这些地区工业转型时间较早，近年来制造业增长速度放缓，面临的资源环境约束也日益增加，传统制造业下行压力较大，需要积极推动制造业生产技术变革，实现制造业绿色转型升级。甘肃、青海、宁夏等黄河下游省区由于地理位置因素以及经济发展条件等原因，制造业绿色发展水平一直处于较低水平，需要一定程度上的政策、资源支持，推动地区制造业发展更上一个台阶。

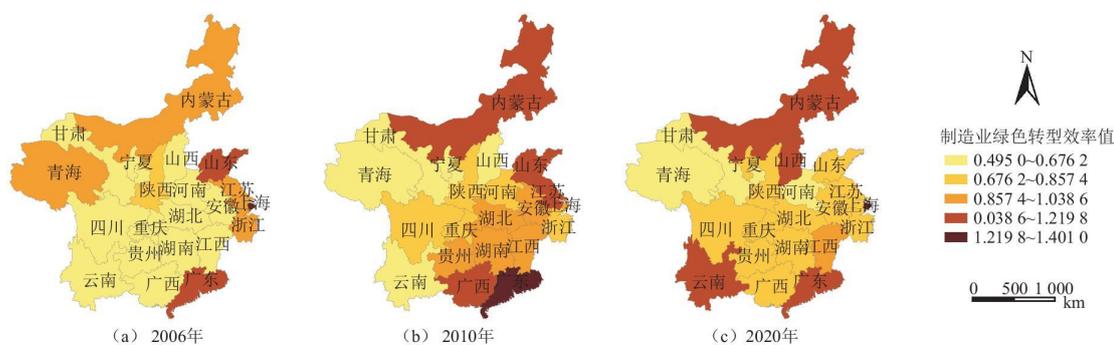


图2 2006、2010、2020年三大流域制造业绿色转型效率值分布

4.3 三大流域制造业绿色转型差异分析

4.3.1 三大流域差异泰尔指数分析

运用泰尔指数，对三大流域各自的制造业绿色转型效率进行差异分析，分别计算出2006~2020年长江流域、黄河流域、珠江流域以及流域整体的泰尔指数结果如下图3所示，从而进一步比较不同流域制造业绿色转型水平的差异。图中虚线部分为计算出的流域整体制造业绿色转型效率泰尔指数，通过对比可以看出研究期间三大流域中黄河流域制造业绿色转型效率泰尔指数高于流域整体水平，说明黄河流域的省际差异高于流域整体平均水平，流域内部差异较大，需要重点关注流域制造业绿色发展

的协调性。长江流域泰尔指数波动较大，2008年前泰尔指数与流域整体水平基本持平，2008~2018年泰尔指数下降明显，流域省际制造业绿色发展水平差异降低，2018~2020年则有所上升，与流域整体持平。珠江流域泰尔指数在研究期间一直低于流域整体泰尔指数，流域的省际差异较低，但2009~2020年期间珠江流域泰尔指数水平基本稳定，说明省际差异在该时期内并未明显缩小。

从差异程度来看，大部分研究期间即2008~2020年黄河流域的省际差异高于其他两个流域，在实施黄河流域生态保护与高质量发展战略的过程中，需要对黄河流域制造业的绿色发展均衡问题予以关注，增强省际协调发展。长江流域和珠江流域则各有领先的时期，2011~2017年长江流域的省际差异较小，其余研究期间珠江流域的省际差异更低。2006年与2020年相比，整个研究期间内珠江流域泰尔指数下降幅度最大，相对落后省份制造业绿色转型效率得到显著提升。值得注意的是2017~2020年，相较其他两个流域的降低趋势，长江流域的绿色转型效率泰尔指数呈上升趋势，需要警惕省际差异的扩大。

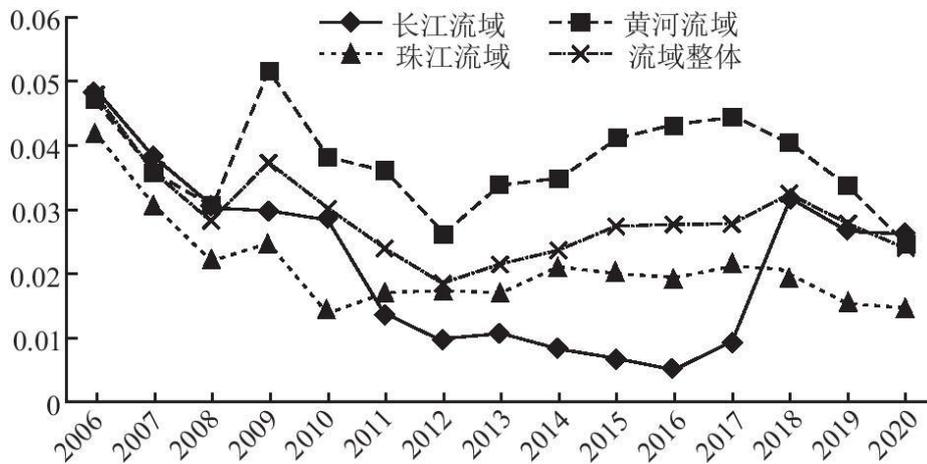


图3 2006~2020年三大流域制造业绿色转型效率的泰尔指数

4.3.2 三大流域差异核密度估计分析

从三大流域整体角度进行分析，选取较具代表性的2006、2010、2015、2020年4个年份三大流域各省(市、区)制造业绿色转型效率值作为样本，运用StataMP17软件绘制核密度图(图4)，图中横轴为制造业绿色转型效率，纵轴为核密度。由下图可知：一是2004、2010、2015年的核密度曲线逐步向右移动，说明三大流域制造业绿色转型水平不断提高，2020年略有回落。二是核密度曲线峰值2004~2010年变动较小，2020年峰值明显提升，波形向左移动，表明2015~2020年核密度趋向于向数值减小方向移动，整体流域制造业绿色转型效率地区差异呈现缩小态势。三是从分布形态来看，4个代表性年份的核密度曲线都存在向右拖尾现象，表明有少部分省(市、区)的制造业绿色转型效率值较高，存在一定两极分化现象。

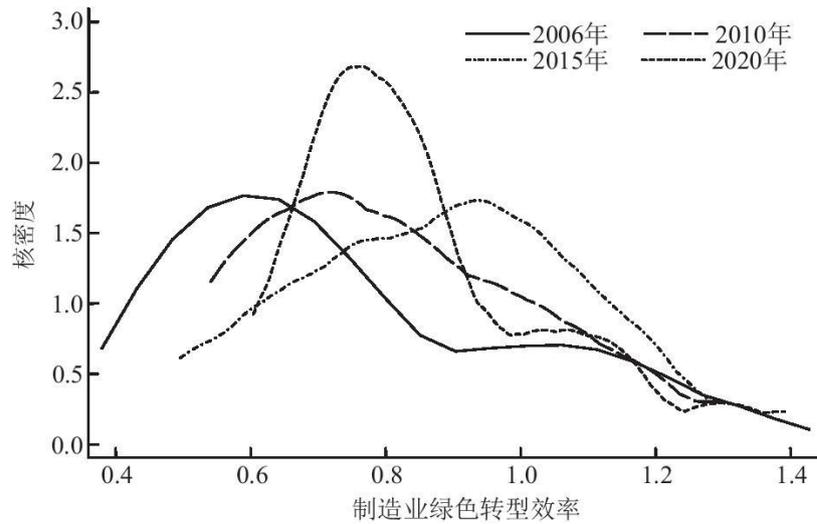


图 4 三大流域代表性年份制造业绿色转型 效率核密度图

4.4 影响因素分析

利用 StataMP17 软件，将测度出的制造业绿色转型效率引入面板 Tobit 回归模型，对 2006~2020 年三大流域制造业绿色转型效率影响因素进行 Tobit 回归分析，回归结果见表 4。可以看出，该模型具有较好的拟合优度，说明本文选择的七个影响因素对于三大流域制造业绿色转型效率存在影响，城镇化水平、外商投资、环境规制、研发经费在 1% 显著性水平下显著，产业结构变量、人力资本变量并未通过 1%、5% 水平的显著性检验，说明其尚未对三大流域制造业绿色发展效率产生显著影响。

表 4 三大流域绿色转型效率影响因素的 Tobit 回归结果

解释变量	回归系数	标准误	t 值	p 值
IND	0.204 2	0.142	1.45	0.148
URB	0.758 2***	0.128	5.93	0.000
HC	0.017 9	0.019	0.94	0.350
lnFDI	0.047 1***	0.007	6.59	0.000

ER	0.082 54***	0.019	4.41	0.000
lnRD	-0.027 5***	0.009	-3.22	0.001
Cons	0.037 0	0.137	0.27	0.787

注：***表示 1%的显著水平。

对各个影响因素的具体分析如下：

(1)产业结构变量并未通过 1%、5%水平的显著性检验，说明产业结构对三大流域制造业绿色转型效率尚未产生显著影响。这表明从长江流域、黄河流域、珠江流域整体来看，流域整体各省(市、区)的产业结构依旧存在较大差异，部分经济发展水平较高的地区产业结构更加合理，而由于地区发展差异，部分地区仍旧以第二产业作为主要的经济支柱产业，产业结构有待进一步优化。应当注重产业结构升级助推制造业高质量发展，促进制造业企业向更加高级化、清洁化、合理化的方向发展。

(2)城镇化水平变量回归系数为正，通过了 1%水平的显著性检验，表明城镇化水平的提升对制造业绿色转型存在正向作用，假设 2 成立。随着三大流域各省(市、区)城镇化率的提高，城镇人口的增加，促进了制造业绿色转型效率的提高。一方面，城镇化率的提升意味着城镇人口增加、城镇基础设施的扩建改造，为制造业的节能发展提供了更基础的保障；另一方面，城镇人口规模的增加也可以为制造业发展提供更多劳动力资源，促进制造业产业的生产技术进步，减少环境污染。

(3)人力资本变量并未通过 1%、5%水平的显著性检验，说明其对流域制造业绿色转型效率的影响并不显著。原因可能是人力资本的劳动力质量提升未能具体作用到制造业绿色技术发展层面，制造业企业对于人力资本的技术红利的发挥还有较大的提升空间。应当进一步推动人力资本水平发展与地区制造业经济发展的匹配，充分挖掘人力资本对制造业绿色转型效率提升贡献的潜力。

(4)外商投资变量的回归系数为正，并且通过了 1%水平的显著性检验，说明外商投资对制造业绿色转型发展也有一定的正向作用。体现出随着各地区生态文明建设的推进，对于制造业的外商投资引进门槛的提升，外商投资对低污染、高资源利用率的制造业企业更为青睐，相应地带动当地制造业企业环境标准的优化与进步。

(5)环境规制变量的回归系数为正，并且通过了 1%水平的显著性检验，说明环境规制对制造业的绿色转型具有正向影响，假设 5 成立。首先环境规制可以直接影响制造业企业的经营成本，如政府出台的强制性的环保措施、排污标准等会促使企业增加环保支出或选择更为清洁低碳的生产方式，从而直接提升制造业绿色转型水平。此外，环境规制政策还可能通过间接影响企业的绿色技术创新水平，促进企业增加技术投入，从而影响制造业绿色转型。

(6)研发投入变量的回归系数为负，并且通过了 1%水平的显著性检验，说明研发投入对三大流域制造业绿色转型效率的提升产生了抑制作用，假设 6 成立。由于 R&D 经费内部支出转化为产出成果所需的时间往往较长，一项产出从投入研发到实际应用往往存在时间上的滞后性，成果转化率和转化机制都有所欠缺。制造业企业的 R&D 经费内部支出应当增强对于绿色生产技术的针对性投入，从而为制造业绿色转型提供更有力的支持。

5 结论与对策

运用包含非期望产出的超效率 SBM 模型，利用投入产出面板数据，对 2006~2020 年我国长江流域、黄河流域、珠江流域制造业绿色转型效率进行测算分析，揭示其动态变化，对测算结果从效率水平、差异分析等角度进行对比研究，并且分析其影响因素，得出以下主要结论。

(1)从制造业绿色转型效率值的整体水平来看，研究期间长江流域、珠江流域平均制造业绿色转型效率水平高于黄河流域地区。长江流域上游省区制造业绿色转型效率水平排名靠前，流域制造业绿色转型效率呈现“上游高，下游低”的特征。珠江流域广东省制造业绿色转型效率水平遥遥领先，其他省区较为均衡，整体处于中间水平。黄河流域省区制造业绿色转型效率水平有待进一步提升。

(2)从三大流域制造业绿色转型效率的动态演变来看，三大流域制造业绿色转型效率值整体波动上升，高绿色转型效率省(市、区)呈现出空间聚集特征。2017 年后，黄河流域制造业绿色转型效率出现下降趋势，珠江流域制造业绿色转型效率反超长江流域，长江上游省区在整体研究样本中的制造业绿色转型效率优势减弱。

(3)从三大流域的差异角度分析，黄河流域制造业绿色转型效率省际差异最大，珠江流域最小，长江流域则有所波动。黄河流域部分省区制造业发展较晚，制造业先进技术水平不高，生态保护和制造业高质量发展尚未较好协同，需要进一步缩小省际差异。长江流域差异水平有所波动，需要警惕近年来的省际差异扩大趋势，发挥带动作用，缩小上下游差异。珠江流域虽然整体差异水平较低，但近年来的差异缩小趋势不明显，应当努力进一步缩小差异。

(4)三大流域制造业绿色转型效率的主要影响因素有城镇化水平、环境规制、科技发展水平，均会对制造业绿色转型产生正向影响。此外，外商投资、产业结构也是能够对流域制造业绿色转型效率产生正向影响的两个因素。而研发经费对制造业绿色转型效率产生了一定程度的负向影响，这可能是由于研发投入转化为成果的时间滞后性。人力资本对流域制造业绿色转型效率的影响尚不显著。

在上述研究基础上，为提升流域制造业绿色转型效率，给出相关对策建议如下。

(1)贯彻新发展理念，制定因地制宜绿色发展政策，推进流域制造业企业绿色转型升级。在碳达峰碳中和目标下，要提高三大流域尤其是黄河流域制造业绿色转型效率，将制造业快速增长与制造业的绿色发展相结合，重点解决黄河流域制造业发展过程中存在的污染问题，就要发挥生态保护的引领、优化作用，减污降碳，推动黄河流域制造业的产业经济结构调整。从政策层面入手，可以提升环境规制对三大流域制造业绿色发展的作用，促进制造业企业绿色转型升级。

(2)利用数字化技术，发挥较高水平地区引领作用，提升流域整体制造业绿色转型效率。充分发挥制造业绿色转型水平较高地区的引领带动作用。利用数字化技术等互联互通的方式，进一步发挥如长江上游省区、广东省等流域内制造业绿色发展水平领先省区对于周边地区的辐射带动效应，促进跨区域联动发展，进而提升三大流域整体制造业绿色转型效率。当前制造业绿色转型效率相对较高的区域也要进一步转型升级制造业产业，增强持续科技创新动力，以高质量发展避免制造业发展水平受限，谋求制造业中高速增长趋势的持续。目前制造业绿色发展水平较低的黄河流域部分省区应当注重吸收高新技术产业、先进制造业发展的先进经验，推进黄河流域生态化、科学化发展，加强环保监督力度，淘汰落后产能，完善黄河流域生态安全治理体系，对传统高污染制造业企业进行转型升级，促进制造业企业绿色化发展。

(3)缩小流域间差距，统筹协调跨流域资源有效配置，协同提升流域制造业高质量发展水平。为进一步缩小流域制造业绿色转型效率差距，统筹实施流域间差别化发展，不同流域应当采取不同的治理手段，促进流域制造业绿色均衡发展。明确三大流域不同发展阶段、不同流域依托的制造业企业绿色发展方向，引导各流域探索特色化的制造业企业绿色转型模式。流域之间进行优势互补、协同进步，促进流域资源配置的优化，重点关注流域内可能存在的制造业高质量发展的两极分化现象，以高效率

地区带动低效率地区的制造业绿色转型发展，不断促进省际差距的缩小。

(4)增强自主创新能力，重视流域绿色转型效率的驱动因素，加快推动流域制造业企业高质量发展与传统企业转型升级。促进制造业产业结构的优化升级，推动产业间协同合作，大力推进传统制造业企业绿色转型升级，尤其关注三大流域制造业绿色转型效率的主要影响因素，发挥城镇化水平、环境规制、外商投资等因素对制造业绿色转型的促进作用。改变传统制造业粗放的增长模式，利用技术创新和技术进步推动制造业产业结构的优化升级。同时，对高耗能、高污染制造业企业分类实施整改提升、取缔关停等措施，提升制造业产业的绿色发展水平，增强制造业绿色转型的稳定性和持续性。

参考文献:

[1]解学梅, 韩宇航.本土制造业企业如何在绿色创新中实现“华丽转型”?——基于注意力基础观的多案例研究[J]. 管理世界, 2022, 38(3): 76-106.

XIE X M, HAN Y H. How can local manufacturing enterprises achieve luxuriant transformation in Green Innovation? A multicase study based on attention-based View [J] . Management World, 2022, 38(3) : 76-106.

[2]于连超, 毕茜, 张卫国.工业企业绿色转型评价体系构建[J].统计与决策, 2019,35(14): 186-188.

YU L C, BI Q, ZHANG W G. Construction of green transformation evaluation system for industrial enterprises [J]. Statistics & Decision, 2019, 35(14) : 186-188.

[3] HAN D R, LI T C, FENG S S, et al. Does renewable energy consumption successfully promote the green transformation of China' s industry? [J]. Energies, 2020, 13(1): 229.

[4]张友棠, 杨柳.“一带一路”国家金融发展与中国对外直接投资效率——基于随机前沿模型的实证分析[J].数量经济技术经济研究, 2020,37(2): 109-124.

ZHANG Y T, YANG L. National financial development of the “ Belt and Road" countries and efficiency of China' s foreign direct investment [J] . The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2020, 37(2) : 109-124.

[5] FU J P, XIAO G R, GUO L L, et al. Measuring the dynamic efficiency of regional industrial green transformation in China [J]. Sustainability, 2018, 10(3) : 628.

[6]张英浩, 汪明峰, 崔璐明, 等.数字经济水平对中国市域绿色全要素生产率的影响[J].经济地理, 2022, 42(9): 33-42.

ZHANG Y H, WANG M F, CUI L Met al. Impact ofthe digital economy on green total factor productivity in Chinese cities [J] . Economic Geography, 2022, 42(9) : 33-42.

[7] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J] . European Journal of Operational Research, 1978 , 2(6) : 429-444.

[8] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J] . European Journal of Operational Research , 2001, 130(3) : 498-509.

[9]冯杰,张世秋.基于DEA方法的我国省际绿色全要素生产率评估——不同模型选择的差异性探析[J].北京大学学报(自然科学版),2017,53(1):151-159.

FENG J, ZHANG S Q. The measurement of China's provincial green total factor productivity based on DEA method: Does the choice of DEA model make difference [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2017, 53(1): 151 - 159.

[10] 马志强,王琰,苏佳璐.长三角城市群工业绿色创新效率时空发展特征及动态演变分析[J/OL].科技进步与对策(2022-10-19)[2022-11-15].<http://kns.cnki.net/kcms/de-tailZ42.1224.G3.20221018.1552.022.html>

MA Z Q, WANG Y, SU J L. Spatial-temporal development characteristics and dynamic evolution of industrial green innovation efficiency in the urban agglomerations of Yangtze River Delta [J/OL]. Science & Technology Progress and Policy: (202210-19)[2022-11-15].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1224.G3.20221018.1552.022.html>

[11] 史丹.绿色发展与全球工业化的新阶段:中国的进展与比较[J].中国工业经济,2018(10):5-18.

SHI D. The green development and the new stage of industrialization :Progress in China and comparison with others [J]. China Industrial Economics, 2018 (10) : 5 - 18.

[12] 史丹.中国工业绿色发展的理论与实践——兼论十九大深化绿色发展的政策选择[J].当代财经,2018(1):3-11.

SHI D. The theory and practice of industrial green development in China: Also on the policy choice of deepening green development at the 19th National Congress [J]. Contemporary Finance & Economics, 2018 (1) : 3 - 11.

[13] 鹿晨昱,成薇,黄萍,等.中国工业绿色发展水平时空综合测度及影响因素分析[J].生态经济,2022,38(3):54-61,69.

LU C Y, CHENG W, HUANG P, et al. Spatio-temporal comprehensive measurement of industrial green development level in China and analysis of its influencing factors [J]. Ecological Economy, 2022, 38(3): 54-61, 69.

[14] 肖滢,卢丽文.资源型城市工业绿色转型发展测度——基于全国108个资源型城市的面板数据分析[J].财经科学,2019(9):86-98.

XIAO Y, LU L W. Measurement of Industrial Green Transformation in Resource-based Cities: Based on the panel data analysis of 108 resource-based cities in China [J]. Finance & Economics, 2019(9): 86-98.

[15] 董健,刘伟,薛景.环境规制、要素投入结构与工业行业转型升级[J].经济研究,2016,51(7):43-57.

TONG J, LIU W, XUE J. Environmental regulation, factor input structure and industrial transformation and upgrading [J]. Economic Research Journal, 2016, 51(7) : 43 -57 .

[16] 万攀兵,杨冕,陈林.环境技术标准何以影响中国制造业绿色转型——基于技术改造的视角[J].中国工业经济,2021(9):118-136.

WAN P B, YANG M, CHEN L. How the environmental technology standards affect the green transition of China's manufacturing

Industry: Based on the perspective of technological transformation [J] . China Industrial Economics, 2021 (9) : 118 -136.

[17] 彭 薇,熊 科,李 昊.环境分权、技术创新与中国工 业产业绿色转型——基于省域空间面板的实证研究[J]. 当代经济
管理,2020, 42(10) : 54-60.

PENG W, XIONG K, LI H. Environmental decentralization, technological innovation and green transformation of China' s Industry :
An empirical study based on provincial spatial panel data [J] . Contemporary Economic Management, 2020, 42(10) : 54-60.

[18] 张 峰, 宋晓娜.资源禀赋、技术进步与制造业绿色转型 [J].统计与决策,2020, 36(13) : 98-102.

ZHANG F, SONG X N . Resource endowment, technological progress and greenness transformation of manufacturing industry [J] .
Statistics & Decision , 2020 , 36(13) : 98- 102.

[19] 戴翔, 杨双至.数字赋能、数字投入来源与制造业绿色 化转型[J] . 中国工业经济, 2022(9) : 83-101.

DAI X , YANG S Z. Digital empowerment, digital input sources and green transformation of manufacturing industry [J] . China
Industrial Economics, 2022 (9) : 83- 101.

[20] 申 晨, 辛雅儒, 贾妮莎, 等.OFDI 对工业绿色全要素 生产率的影响机制——基于两阶段 Super-SBM -Malmquist 指数
模型的分析[J/OL].中国管理科学(2022-6-30) [2022-11-15]. DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021. 1620.

SHEN C , XIN Y R, JA N S, et al. The influence mechanism of OFDI on industrial green total factor productivity: Based on the
two-stage Super-SBM-Malmquist exponential module [J/OL]. Chinese Journal of Management Science (2022-6-30) [202211-15]. DOI:
10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.1620.

[21] 孙丽文, 曹 璐, 吕静韦.基于 DPSIR 模型的工业绿色转 型评价研究——以河北省为例[J].经济与管理评论, 2017,
33(4) : 120-127.

SUN L W, CAO L, LV J W. A study of evaluation of industrial green transformation based on DPSIR model: A case study of Hebei
Province [J] . Review of Economy and Management, 2017, 33(4): 120- 127.

[22] 吴 洁, 张 云, 韩露露.长三角城市群绿色发展效率评 价研究[J].上海经济研究, 2020(11): 46-55.

WU J, ZHANG Y, HAN L L. Study on evaluation of green development efficiency evaluation of the Yangtze River Delta urban
agglomeration [J] . Shanghai Journal of Economics, 2020 (11): 46-55.

[23] 曾 冈 U,陆琳忆, 何金廖.生态创新对资源型城市产业结构与工业绿色效率的影响[J].资源科学, 2021, 43(1): 94-103.

ZENG G, LU L Y, HE J L. Impact of ecological innovation on the economic transformation of resource-based cities [J] . Resources
Science, 2021 , 43(1) : 94-103.

[24] 吴遵杰, 巫南杰.长江经济带绿色经济效率测度、分解及 影响因素研究——基于超效率 SBM-ML-Tobit 模型的分析 [J].
城市问题, 2021(1): 52-62, 89.

WU Z J, WU N J. Study on the measurement, decomposition and influencing factors of green economic efficiency in the Yangtze River Economic Belt: Based on the analysis of superefficiency SBM-ML-Tobit Model [J] . Urban Problems, 2021 (1) : 52-62, 89.

[25] 黄成, 吴传清.长江经济带工业绿色转型与生态文明建设的协同效应研究[J].长江流域资源与环境, 2021, 30 (6) : 1287-1297.

HUANG C, WU C Q. Research on the synergetic effect of industrial green transformation and ecological civilization construction in the Yangtze River economic belt [J] . Resources and Environment in the Yangtze Basin , 2021 , 30(6) : 1287- 1297.

[26] 苟兴朝, 张斌儒.黄河流域乡村绿色发展: 水平测度、区域差异及空间相关性[J].宁夏社会科学, 2020(4) : 57-66.

GOU X C, ZHANG B R. Rural green development of the Yellow River basin : Level measurement, regional difference and spatial correlation [J] . Social Sciences in Ningxia, 2020 (4) : 57-66.

[27] 郭克莎, 彭继宗.制造业在中国新发展阶段的战略地位和作用[J].中国社会科学,2021(5) : 128-149.

GUO K S, PENG J Z. The strategic position and function of manufacturing industry in the new development stage of China [J] . Social Sciences in China, 2021(5) : 128- 149.

[28] 中国社会科学院工业经济研究所课题组.工业稳增长: 国际经验、现实挑战与政策导向[J].中国工业经济, 2022(2) : 5-26.

RESEARCH GROUP OF THE INSTITUTE OF INDUSTRIAL ECONOMICS OF CASS. Stabilizing industrial growth: International experience, practical challenges and policy orientation [J]. China Industrial Economics, 2022(2) : 5-26.

[29] 吴传清, 张冰倩.长江经济带制造业绿色发展效率研究 [J].学习与实践,2022(5) : 32-40.

WU C Q, ZHANG B Q. Research on green development efficiency of manufacturing industry in the Yangtze River economic belt[J] . Study and Practice , 2022(5) : 32-40.

[30] 王兵, 唐文狮, 吴延瑞, 等.城镇化提高中国绿色发展效率了吗? [J].经济评论, 2014(4) : 38-49, 107.

WANG B, TANG W S, WU Y R, et al. Does urbanization increase China' s green development efficiency? [J]. Economic Review, 2014(4) : 38-49, 107.

[31] 王珊娜, 张勇, 纪韶.创新型人力资本对中国经济绿色转型的影响[J].经济与管理研究, 2022, 43(7) : 79-96.

WANG S N, ZHANG Y, JI S. The impact of innovative human capital on green transformation of China' s economy [J]. Research on Economics and Management, 2022, 43 (7) : 79 -96.

[32] 林伯强, 刘泓汛.对外贸易是否有利于提高能源环境效率——以中国工业行业为例[J].经济研究, 2015, 50 (9) : 127-141 .

LIN B Q, LIU H X. Do energy and environmental efficiency benefit from foreign trade : The case of China' s industrial sectors [J] . Economic Research Journal, 2015 , 50 (9) : 127 -141.

[33] 陶 锋, 王余妃.环境规制、研发偏向与工业绿色生产率——“波特假说”再检验[J].暨南学报(哲学社会科学 版), 2018, 40(5): 45-60.

TAO F, WANG Y F. The impacts of environmental regulation and R&D investment on China' s green productivity: Test on “Porter Hypothesis” [J]. Jinan Journal (Philosophy & Social Sciences), 2018, 40(5) : 45-60.

[34] 杨岚, 周亚虹.环境规制与城市制造业转型升级——基 于产业结构绿色转型和企业技术升级双视角分析[J].系 统工程理论与实践, 2022, 42(6): 1616-1631.

YANG L, ZHOU Y H. Environmental regulation and the transformation and upgrading of city manufacturing: Based on the dual perspective analysis of the green transformation of the industrial structure and the technological upgrading of the enterprise [J] . Systems Engineering-Theory & Practice, 2022, 42 (6) : 1616-1631.

[35] 黄磊, 吴传清.长江经济带城市工业绿色发展效率及其 空间驱动机制研究[J].中国人口 -资源与环境, 2019,29 (8) : 40-49.

HUANG L , WU C Q. Industrial green development efficiency and spatial driven mechanism in cities of the Yangtze River Economic Belt[J] . China Population, Resources and Environment, 2019, 29(8): 40-49.

[36] 邢 会, 贾胤婕, 陈园园, 开放式创新驱动制造业绿色转型了吗——一个有调节的中介效应模型[J/OL].科技进步 与对 策: 1-10[2023-01-13] . [http : " kns.cnki.net/kcms/de-tailZ42.1224.G3.20221108.1708.016.html](http://kns.cnki.net/kcms/de-tailZ42.1224.G3.20221108.1708.016.html)

XING H,JIAYJ,CYY. Is open innovation driving the green transformation of manufacturing industry? A moderated mediation effect model [J/OL]. Science & Technology Progress and Policy: 1-10[2023-01-13].

[37] 李晓阳, 代柳阳, 牟士群, 等.生产性服务业集聚与制造 业绿色转型升级——信息通信技术的调节作用[J].西南 大学 学报(社会科学版),2022,48(1): 83-96.

LI X Y, DAI L Y , MOU S Q, et al. Agglomeration of productive service industry and green transformation and upgrading of manufacturing industry : Regulatory role of information and communication technology[J] . Journal of Southwest University (Social Sciences Edition) , 2022, 48(1) : 83-96.

[38] 张少华, 李苏苏.中国工业企业数据库(1999~2013)的使 用研究: 基于插值处理方法的比较分析[J].贵州财经大学 学报,2021(5): 20-29.

ZHANG S H, LI S S. Research on the use of China industrial enterprise database (1999 - 2013) : Comparative analysis of missing value processing methods [J]. Journal of Guizhou University of Finance and Economics, 2021 (5): 20-29.

[39] 任晓松, 刘宇佳, 赵国浩.经济集聚对碳排放强度的影响 及传导机制[J].中国人口 -资源与环境, 2020, 30(4): 95- 106.

REN X S, LIU Y J, ZHAO G H. The impact and transmission mechanism of economic agglomeration on carbon intensity [J] . China Population, Resources and Environment, 2020 , 30(4): 95- 106.

[40] 郝寿义, 张永恒.环境规制对经济集聚的影响研究——基于新经济地理学视角[J].软科学, 2016,30(4): 27-30.

HAO S Y, ZHANG Y H. The impact of environmental regulation on economic agglomeration [J] . Soft Science, 2016 , 30 (4): 27-30.