

黄河流域和长江经济带制造业绿色转型效率对比

裴伊斐¹, 王凤鸣¹, 贾纯洁¹, 臧旭洲²

(1. 安阳工学院, 河南 安阳 455000; 2. 郑州升达经贸管理学院, 郑州 450000)

摘要: 以黄河流域和长江经济带沿线 19 个省份为样本, 建立超效率 SBM (slack-based measure) 模型测算分析了 2013—2022 年黄河流域和长江经济带的制造业绿色转型效率, 并利用“泰尔指数”进行转型效率的差异性分析。研究发现, 长江经济带绿色转型效率呈上升趋势, 相反黄河流域发展相对缓慢; 通过差异性分析发现黄河流域的制造业绿色转型效率低于长江经济带, 并且黄河流域中各省份的差异性相差较大。

关键词: 绿色转型效率; 制造业; 超效率 SBM; 黄河流域; 长江经济带

中图分类号: F4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)14-0016-06

党的二十大报告提出要执行“加快建设制造强国”的重大任务, 制造业是国民经济的重要支柱, 是中国的立国之本、强国之器、大国之基。绿色是制造业可持续发展的重要因素, 并且二十大将“双碳”纳入生态建设的总方针。当前中国正处于绿色转型的重要时期, 以流域为依托, 加快两大流域的生态保护有着重要意义。然而根据中国碳核算数据库 2023 年提供的数据显示, 两大流域的各个省份制造业的碳排放强度高于全国的平均水平, 各省份有着明显的差异, 因此制造业绿色转型问题已经成为可持续发展的重大问题。

“双碳”目标提出以后, 制造业绿色转型效率成为热议。吴传清和张冰倩^[1]对长江经济带制造业的绿色发展效率进行研究, 发现长江经济带制造业绿色发展效率呈波动增长趋势, 对外开放、产业结构、城镇化、环境规制对长江经济带制造业绿色发展效率具有显著影响。樊西峰等^[2]对黄河流域各省份制造业的碳排放强度进行计算, 发现黄河流域制造业明显高于全国水平, 并且流域内差异显著。高碳排放的产业结构特征是流域制造业出现较高碳排放的主要原因。李新安和李慧^[3]对中国制造业绿色发展的时空格局演变及路径进行研究, 在变动趋势上, 中国制造业绿色发展的区域协同效应较为明显, 总体水平基本呈稳定增长态势^[3]。

目前现有研究中多数是对单独的流域或者省份进行研究, 缺乏对黄河流域和长江经济带制造业

绿色转型效率的详细描述和对比, 并且对制造业绿色转型效率测度研究较少。因此, 探究黄河流域和长江经济带制造业绿色转型的进展情况以及时空演变格局、深入分析黄河流域和长江经济带制造业绿色转型的空间效应, 对实现区域协同治理、促进河南制造业绿色转型具有重要意义。

1 黄河流域和长江经济带制造业现状

长江、黄河流域是一直以来是中国重要的两大流域, 并且黄河流域和长江经济带人口分布密集, 制造业占比高, 承载着中国重要的经济支持。长江经济带是中国的第一大流域, 是中国最重要的发展战略地区, 工业总量占全国工业总量的 40% 以上^[4], 对全国的经济增长贡献值从 2015 年的 47.7% 提高到 2021 年的 50.5%。长江经济带沿江 11 个省份(上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州、云南)占中国的经济总量达到 4 成以上, 对于工业增加值来说, 江苏以 29 043.15 亿元位于长江经济带的增长量第一, 浙江第二, 展现出长江下游制造业的显著发展^[5]; 而黄河流域有 8 个省份(山东、河南、陕西、山西、内蒙古、宁夏、甘肃、青海)作为中国重要的生态屏障和经济地带有足够的自然资源, 在重化工发展中表现出特殊性^[6]。黄河流域的经济发展呈“下强上弱”格局, 其中, 下游河南、山东两省地区生产总值在黄河流域 9 省份生产总值占比超过 50%, 除了四川, 青海、甘肃、宁夏、内蒙古等黄河上游省份地区生产总值在黄河流域 9 省份生产总值中仅占 13.11%。

收稿日期: 2024-01-22

作者简介: 裴伊斐(2001—), 女, 河南许昌人, 研究方向为绿色经济; 王凤鸣(2002—), 女, 河南开封人, 研究方向为绿色经济; 贾纯洁(1992—), 男, 河南安阳人, 硕士, 讲师, 研究方向为绿色经济; 臧旭洲(2003—), 男, 河南郑州人, 研究方向为绿色经济。

2 指标选取与数据来源

2.1 绿色和能源消耗投入

选择绿色和能源消耗投入作为绿色转型效率的投入指标,绿色投入分为劳动即制造企业的人员数量以及资金投入即制造企业内部投入和新品开发的经费投入^[7],此两大类投入是制造业展开绿色转型的必须要求,人员数量反映转型效率的好坏,开发资金投入数量也说明该地区对制造业绿色转型是大有裨益的,而能源消耗投入侧面则是说明该企业的环保状况以及此举的绿色可持续性。因此用规模以上制造企业内部 R&D 投入和规模以上制造企业 R&D 人员数量以及新产品开发经费投入作为绿色投入,用折算为标准煤的能源消耗总量为能源消耗投入^[8]。

2.2 期望产出

Cheng 等^[9]指出,专利的受理是制造业绿色转型效率进程中的重要产出,是制造业科技产品的主导地位和最有经济价值的成分。因此,本文选择专利项目的受理数量作为制造业绿色转型效率的隐性收入和产出效率的指标。然而专利数据不能够反映该制造业绿色转型的转化效率,因此选择用专利产生的经济收益作为绿色转型效率的指标。

2.3 非期望产出

制造业是一个高消耗、高污染的工业,降低能耗、绿色环保以及发展成环境友好型产业是制造业绿色转型的重中之重。综合已有研究结论,非期望产出可通过废气和废水的排放量说明,本文选用工业废水投放量和工业二氧化硫排放量来说明制造业对生态环境的影响程度。指标体系如表 1 所示。

本文数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》《中国环境统

计年鉴》,以及各省份在 2013—2022 年的统计年鉴数据、经济和社会发展统计公报、中国宏观经济数据库等。此外,由于年份久远以及统计年鉴方法变换等原因导致一些数据丢失,因此借鉴张少华和李苏苏^[10]做以补充。

3 研究方法

3.1 DEA-SBM 模型

数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 可以同时测量多个输入和多个输出的决策单元效率^[11]。如 Omrani 等^[12]、韩刚和卓思佳^[13]分别利用 DEA 模型测算中国区域和工业企业绿色技术创新效率。2023 年 Shen 和 Zhang^[14]提出了基于松弛测量 (slacks-based measure, SBM) 模型,该理论中,绿色技术的创新绩效评估系统可包括制造活动中的污染和能源消耗等不良影响,使测量结果更加真实和客观。Xu 等^[15]运用了 DEA-SBM 模型和 Malmquist-Luenbererg 指数等方法对绿色技术创新效率的分析进行测度;武恺鑫等^[16]用传统 DEA 模型与 Malmquist 指数相结合的形式,对中国的工业企业绿色技术创新效率进行测度。

Tone Kaoru 于 2001 年提出了非径向和非角度的 SBM 模型^[17],这一模型将松弛变量考虑在内。投入导向的 SBM 模型可表达为

$$\begin{aligned} \min \rho &= 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{X_{ik}} \\ \text{s. t. } &\begin{cases} X_{ik} = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- \\ Y_{rk} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ \\ i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, q \\ \lambda_j \geq 0 (\forall j), s_i^- \geq 0 (\forall i), s_r^+ \geq 0 (\forall r) \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

式中: i 为投入变量的个数; s_i^- 为投入的松弛变量,表示投入过度; r 为产出变量的个数; s_r^+ 为产出的剩余变量; x_{ik} 为第 k 个决策单元; y_{rk} 为第 k 个决策单元的产出。

并且,SBM 模型是非导向的,可从投入角度对决策单元进行效率评估,还可以从产出角度对决策单元的效率进行评价,可以有效避免在使用此模型时在效率值的评价时因角度选择的不同使计算结果出现偏差的情况。因此,本研究使用距离函数改进模型得到非期望产出的 SBM 模型,以下则是非期望产出的 SBM 模型的计算方法:

表 1 制造业绿色转型效率指标体系

阶段	类别	指标含义及单位
投入	绿色 R&D 投入	规模以上制造企业内部 R&D 投入(X_1)/万元
		规模以上制造企业 R&D 人员数量(X_2)/人
		新产品开发经费投入(X_3)/万元
	能源消耗投入	折算为标准煤的能源消耗总量(X_4)/万吨标准煤
		实际 GDP(X_5)/亿元
产出	期望产出	专利申请受理数(X_6)/件
		新产品销售收入(X_7)/万元
		制造业总产值(X_8)/万元
	非期望产出	工业废水排放量(X_9)/万 t
工业二氧化硫排放量(X_{10})/t		

$$\min \frac{1 - \frac{1}{i} \sum_{i=1}^l \frac{s_i}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{k_1 + k_2} \left(\sum_{y=1}^{k_1} \frac{S_y^+}{y_{Y0}} + \sum_{Y=1}^{K_2} \frac{S_Y^+}{y_{Y0}} \right)}$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^g = Y^g\lambda - s^{g+} \\ y_0^b = Y^b\lambda - s^{b+} \\ \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^{g+} \geq 0, s^{b+} \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中： ρ 为制造业绿色转型效率值； l 为投入指标个数； k_1 、 k_2 分别为期望产出和非期望指标个数； x 为投入变量； y_0^g 、 y_0^b 分别为期望产出值和非期望产出值； s^{g+} 、 s^{b+} 分别为期望产出的松弛变量和望产出的松弛变量。

3.2 泰尔指数

“泰尔指数”是基于“熵”理解提出，是一种衡量不平均的指数，在测度区域不均衡时，具有极好的可分解性，可以更好地了解不同区域差异的来源。“泰尔指数”不仅能表示总体的差异性，还可表示各个地区之间的不平均情况，在进行差异分析时，具有很大的优势^[18]。本文将其引用到研究黄河流域和长江经济带制造业绿色转型的效率测度，用于研究黄河流域和长江经济带各省份差异分析。“泰尔指数”的取值范围为(0, 1)，“熵”作为“泰尔指数”的数学原理，是一种衡量数据有序性的指标，其值越

大，说明数据越无序，不平均的情况越大。其计算公式为

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} \ln \frac{y_i}{\bar{y}} \quad (3)$$

式中： T 为泰尔指数； n 为流域内省份的数量； \bar{y} 为各流域制造业绿色转型效率平均值； y_i 为各省份的制造业绿色转型效率值。

4 研究结果分析

本文基于黄河流域和长江经济带 19 个省份 2013—2022 年的面板数据，利用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型来测度制造业绿色转型的效率。

4.1 长江经济带制造业绿色转型水平分析

长江经济带 11 个省份的制造业绿色转型效率均值较高的上游依次为上海、重庆、浙江、安徽，并且较为稳定，上海已经高达 1.917；均值次高的是四川、江西、云南、贵州，四川、贵州数据呈上升趋势，制造业绿色转型效率的波动幅度较大；最后是江苏、湖南、湖北，湖北省位于最低是 0.768。长江经济带总体呈上升趋势，说明在近年来长江经济带各省份的制造业绿色转型正在逐步改进、上升。具体数据如表 2 所示。

对长江经济带的制造业绿色转型效率的区别分析是根据各省份绿色转型效率均值对长江经济带进行梯度划分如表 3 所示。

表 2 长江经济带制造业绿色转型效率测度

省份	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	均值	排名
上海	2.027	1.880	1.546	2.108	1.733	1.597	2.401	2.353	2.087	1.433	1.917	1
江苏	1.036	0.698	0.712	1.018	0.643	1.011	0.819	1.049	1.047	1.043	0.908	9
浙江	1.117	1.068	1.076	1.013	1.013	1.056	0.759	1.031	1.052	1.058	1.112	3
安徽	1.104	1.076	1.107	1.138	1.109	1.159	1.140	1.113	1.074	1.083	1.111	4
江西	1.032	1.033	1.078	1.092	1.086	1.087	1.070	1.039	1.044	1.042	1.061	6
湖北	0.531	0.461	0.587	0.653	0.615	0.733	1.021	1.009	1.041	1.025	0.768	11
湖南	0.806	0.715	0.765	1.025	1.006	1.010	0.840	1.018	0.771	0.852	0.881	10
重庆	1.193	1.176	1.145	1.081	1.241	1.158	1.116	1.091	1.048	1.052	1.131	2
四川	1.108	1.147	1.160	1.098	1.079	1.035	1.064	1.095	1.088	1.093	1.097	5
贵州	1.002	0.431	1.091	1.080	1.100	1.116	1.053	1.103	1.112	1.083	1.017	8
云南	1.037	1.039	1.092	1.078	1.010	1.035	1.034	1.007	1.000	1.052	1.038	7

表 3 长江经济带制造绿色转型效率梯度

梯度划分	绿色转型效率	合计	地区
第一梯队 (1.1~2.0)	高	四个(上游 1 个、下游三个)	上海、重庆、浙江、安徽
第二梯队 (1.0~1.1)	中	四个(上游 3 个、中游 1 个)	四川、江西、云南、贵州
第三梯队 (0.7~1.0)	低	三个(中游 2 个、下游 1 个)	江苏、湖南、湖北

表 3 结果显示，长江经济带是上、下游高，中游低的“U”形分布，第一梯队有上海、重庆、浙江、安徽四个省份，上海位居首位，说明其绿色转型是最高层次；第二梯队中四川、江西、云南、贵州是保持在转型效率为 1 的水平，四川的均值为 1.097，若持续保持同等或者更高的水平，可列入第一梯队；第三梯队江苏、湖南、湖北，三省的绿色转型效率都在 1.0 之下，其转型效率有待提升。

表 4 黄河流域制造业绿色转型效率测度

地区	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	均值	排名
山东	0.846	0.792	0.793	0.743	0.704	1.045	1.037	1.081	1.156	1.213	0.941	4
河南	0.765	0.787	0.781	0.800	1.028	1.062	1.075	1.068	1.101	1.133	0.960	3
陕西	0.500	0.498	0.517	0.521	0.651	0.754	0.732	0.756	0.726	0.744	0.640	7
山西	0.525	0.523	0.505	0.524	0.570	0.602	0.698	0.619	0.643	0.682	0.589	8
内蒙古	0.644	0.653	0.661	0.733	0.785	0.870	1.082	1.119	1.113	1.078	0.874	5
宁夏	0.928	0.954	1.058	1.058	1.058	1.060	1.075	1.073	1.085	1.096	1.045	2
甘肃	0.601	0.608	0.624	0.610	0.613	0.651	0.662	0.666	0.683	0.769	0.649	6
青海	1.167	1.135	1.103	1.081	1.043	1.069	1.078	1.080	1.094	1.100	1.095	1

4.2 黄河流域制造业绿色转型效率水平分析

黄河流域相较于长江经济带发展缓慢,具体结果如表 4 所示,黄河流域制造业绿色转型效率相较于长江经济带偏低,甘肃、山西、陕西等省份最低,其绿色转型效率有待提升;内蒙古、山东、河南等省份转型效率为 0.8~1.0,河南、山东的数据显示其制造业绿色转型变化较为稳定;宁夏、青海效率均值最高,说明该省份绿色转型较好,侧面说明其所运用的方式对本省较为适用。基于黄河流域 8 个省份 2013—2022 年的面板数据分析,各省份的制造业绿色转型效率处于波动上升的状态,说明在近十年来,黄河流域一直在重视绿色发展,且取得了一定的成效。

同样,对黄河流域进行梯度划分如表 5 所示。由表 5 可知,黄河流域中第一梯队只有宁夏、青海两省份,是黄河流域制造业绿色转型最高代表,两个省份属于上游且处于西北工业区;第二梯队河南、山东、内蒙古中,河南最高,有望步入第一梯队;第三梯队甘肃、陕西、山西各省应是重点关注和发展的对象。

长江经济带各省份制造业绿色转型效率总体高于黄河流域,长江经济带省份经济发展、地理资源、人口规模等条件相较于黄河流域更高,得益于其天然优势和人为因素。近年国家一直重视发展黄河流域并且保护其生态系统,但黄河流域自身的生态环境较差,且黄河流域所在的制造业发展产生的污染与其环境保护相矛盾,从而造成了黄河流域整体水平低于长江经济带的局面。因此,黄河流域

表 5 长江经济带制造绿色转型效率梯度

梯度划分	绿色转型效率	合计	地区
第一梯队 (1.0~2.0)	高	两个(上游 2 个)	宁夏、青海
第二梯队 (0.8~1.0)	中	三个(中游 1 个、下游 2 个)	河南、山东、内蒙古
第三梯队 (0.5~0.8)	低	三个(上游 1 个、中游 2 个)	甘肃、陕西、山西

应该根据国家政策,制定相应的改善措施,积极有效落实到位,促进黄河流域发展不断进步。具体数据如表 6 所示。

4.3 两河流域制造业绿色转型差异分析

黄河流域和长江经济带整体的区分和差异,本文运用“泰尔指数”测算黄河流域和长江经济带 2013—2022 年制造业绿色转型效率对黄河流域和长江经济带各省份之间进行分析。黄河流域的“泰尔指数”基本高于整体数据,说明了黄河流域更加无序且不平均,其内部各省份差异较大;长江经济带低于整体流域,波动较大,在 2020—2022 年以后整体流域近乎持平。2018—2020 年数据有明显的上升趋势,说明其不平衡发展也有上升趋势。差异分析中,2013—2022 年黄河流域高于整体水平和长江经济带,长江经济带低于整体和黄河流域,因此黄河流域应更加重视其各省份之间的均衡发展做到协调发展;而长江经济带 2018—2020 年有明显的

表 6 黄河流域和长江经济带制造业绿色转型效率均值及排名

流域	省份	均值	排名
长江经济带	上海	1.917	1
	江苏	0.908	13
	浙江	1.112	3
	安徽	1.111	4
	江西	1.061	7
	湖北	0.768	16
	湖南	0.881	14
	重庆	1.131	2
	四川	1.097	5
	贵州	1.017	10
黄河流域	云南	1.038	9
	山东	0.941	12
	河南	0.960	11
	陕西	0.640	18
	山西	0.589	19
	内蒙古	0.874	15
	宁夏	1.045	8
甘肃	0.649	17	
青海	1.095	6	

上升并且在2020—2022年没有下降趋势,对于日后长江经济带的发展应更加重视其差异性的变化,尽可能缩短长江经济带绿色转型效率差异性(图1)。

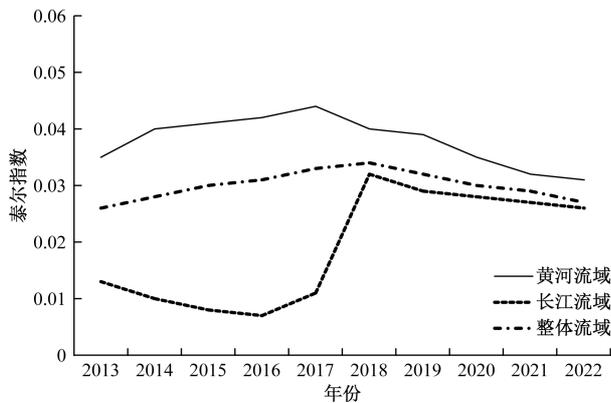


图1 2013—2022年黄河流域和长江经济带及整体制造业绿色转型效率泰尔指数

总体来说,黄河流域更加不均衡,需重点协调发展,长江经济带所一直低于总体水平,有上升的趋势,在不断保持提升转型效率的同时亦应重视内部的差异化。

5 结论与建议

5.1 结论

运用SBM模型利用投入产出面板数据,对2013—2022年长江、黄河流域和长江经济带制造业数据梳理,对制造业绿色转型的时空演化特征进行剖析,测算结果对比分析并进行研究,得出以下结论。

(1)从黄河流域和长江经济带制造业绿色转型效率值的整体水平来看,2013—2022年长江经济带的平均制造业绿色转型效率要高于黄河流域,黄河流域的制造业绿色转型效率有待进一步提升。并且,长江经济带上游各省份的绿色转型效率水平相比于其他省份效率要高,黄河流域和长江经济带的制造业绿色转型效率都呈现上游省份的制造业绿色转型效率比下游省份高的特点。

(2)从黄河流域和长江经济带各自省份的差异比较分析来看,黄河流域省份之间的差异偏大,而长江经济带各省份之间更加均衡。由于黄河流域各省份制造业发展时间较晚,其技术水平及发展速度将较于长江经济带更加缓慢,因此其制造业和绿色发展没有做到协调发展,需要进一步完善。

5.2 建议

(1)加大流域合作交流,高低水平地区辅助协调发展。黄河流域制造业发展相较于长江经济带

时间更晚,速度更慢,还未形成完整的制造业绿色转型产业链。并且对于黄河流域的第一梯度都是上游相较于其他省份偏高,因此发动高水平省份带动低水平省份发展,对于周边省份发挥辐射作用,实现跨省联动发展,优势互补,缩小各省份之间的差距,避免再出现黄河流域当中的差异大,使流域中各省份都能均衡发展。

(2)利用数字化技术,提升科技创新。两河流域应充分利用并逐步提高制造业绿色技术,提升黄河流域和长江经济带整体制造业绿色转型水平。因此,黄河流域应加大技术投入力度,增强科技引进,增进绿色技术发展,长江经济带地区利用自身优势不断增进技术化水平。对于两河流域当中绿色转型效率低的省份如甘肃、山西、陕西等省份高耗能、高污染的制造业加速改进,不仅要利用数字化技术进行科技创新更要提升整体绿色水平,实现创新型驱动发展。

(3)创新型因地制宜,政策引进人才。两河流域应提升自主创新能力,依据地区差异优化政策,营造出创新型制造业绿色转型环境,支持鼓励制造业进行绿色转型。用政策吸引招纳科技型人才,培养政策型人才,通过将科研成果转化为制造业绿色转型,同时也能够促使制造业的产业链能更加完善,对两河流域制造业绿色转型的技术化实现逐步提升,会使两河流域制造业绿色发展不同方针政策的提出实现促进作用。

(4)优化制造业发展政策,建立绿色制造体系。强制规范,加大监管力度,通过对一些高耗能低产出的制造企业进行整改或强制关闭,可以有效使制造业绿色体系的建立得到保障。在严格监管的同时,可以设立奖惩措施,对积极主动配合制造业改善的予以奖励,对不配合实施政策的企业加以惩罚,既能够鼓励企业积极主动融入制造业绿色转型体系,又能巩固制造业绿色转型的发展政策,促进制造企业之间相互监督,合理解决制造业绿色发展的政策及实施问题。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 樊西锋,李蕾,苑嘉欣.黄河流域制造业碳排放强度及绿色低碳转型研究[J].国有资产管理,2022(5):61-65.
- [3] 李新安,李慧.中国制造业绿色发展的时空格局演变及路径研究[J].区域经济评论,2021(4):64-73.
- [4] 田泽,方琪,鞠云,任阳军.中国三大流域制造业绿色转

- 型效率评价及影响因素研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(10): 2072-2084.
- [5] 徐文炯. 长江流域经济带制造业产业集聚对城市经济韧性的影响研究[D]. 兰州: 兰州财经大学, 2023.
- [6] 丁雅芳, 李靓靓. “双碳”目标下河北制造业企业绿色转型评价体系的构建研究[J]. 商展经济, 2024(5): 165-168.
- [7] LIU L, YANG Y, LIU S, et al. A comparative study of green growth efficiency in Yangtze River Economic Belt and Yellow River Basin between 2010 and 2020[J]. *Ecological Indicators*, 2023, 150: 110214.
- [8] YUE L, YAN H, AHMAD F, et al. The dynamic change trends and internal driving factors of green development efficiency: robust evidence from resource-based Yellow River Basin cities[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2023, 30(16): 48571-48586.
- [9] CHENG M, WANG J, YANG S, et al. The driving effect of technological innovation on green development: from the perspective of efficiency[J]. *Energy Policy*, 2024, 188: 114089.
- [10] 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.
- [11] WANG Y, CHEN F, WEI F, et al. Spatial and temporal characteristics and evolutionary prediction of urban health development efficiency in China: based on super-efficiency SBM model and spatial Markov chain model[J]. *Ecological Indicators*, 2023, 147: 109985.
- [12] OMRANI H, SHAMSI M, EMROUZNEJAD A. Evaluating sustainable efficiency of decision-making units considering undesirable outputs: an application to airline using integrated multi-objective DEA-TOPSIS[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2023, 25(7): 5899-5930.
- [13] 韩刚, 卓思佳. 空间溢出视角下绿色金融对制造业转型升级的影响[J]. 沈阳大学学报(社会科学版), 2024(1): 44-53.
- [14] SHEN Y, ZHANG X. Intelligent manufacturing, green technological innovation and environmental pollution[J]. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2023, 8(3): 100384.
- [15] XU X, CUI X, ZHANG Y, et al. Carbon neutrality and green technology innovation efficiency in Chinese textile industry[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 395: 136453.
- [16] 武恺鑫, 曲慧梅, 潘莉颖, 等. 基于 Malmquist 指数的中国工业企业绿色技术创新效率评价[J]. 黑龙江工程学院学报, 2023, 37(3): 35-39.
- [17] 郑娟, 郑晓明, 黄伟萍, 等. 基于基尼系数和泰尔指数的广西护理人力资源配置公平性分析[J]. 护理研究, 2022, 36(21): 3787-3791.
- [18] 李根, 张学思, 田爱瑞, 等. 基于超效率 SBM-ESDA 与 Tobit 模型的制造业绿色创新效率时空分异研究——以长江经济带为例[J]. 生态经济, 2023(1): 39-51.

Comparative Research on the Efficiency of Green Transformation of Manufacturing Industries in the Yellow River Basin and Yangtze River Economic Belt

PEI Yifei¹, WANG Fengming¹, JIA Chunjie¹, ZANG Xuzhou²

(1. Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, Henan, China;

2. Zhengzhou Shenda University, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Taking 19 provinces along the Yellow River Basin and the Yangtze River Economic Belt as samples, a super-efficient SBM model was established to measure and analyze the green transformation efficiency of the manufacturing industries in the Yellow River Basin and the Yangtze River Economic Belt from 2013 to 2022, and a differentiation analysis of the transformation efficiency was conducted by using the “Tyrell Index”. It is found that the green transition efficiency of the Yangtze River Economic Belt is on the rise, on the contrary, the development of the Yellow River Basin is relatively slow. Through the difference analysis, it is found that the green transition efficiency of the manufacturing industry in the Yellow River Basin is lower than that of the Yangtze River Economic Belt, and the difference of the Yellow River Basin is larger than that of the other provinces.

Keywords: green transition efficiency; manufacturing industry; super-efficient SBM; Yellow River Basin; Yangtze River Economic Belt