

# 黄河流域工业绿色竞争力时空分异及障碍因素研究

金振兴,王成新,于尚坤,李梦程

(山东师范大学 a.地理与环境学院;b.山东省高校人地协调与绿色发展协同创新中心,济南 250358)

**摘要:**随着黄河流域生态保护和高质量发展国家战略的推进,流域内工业绿色竞争力的测评与提升显得尤为重要。以黄河流域沿线各省区为研究区域,通过构建工业绿色竞争力综合评价指标体系,运用主成分分析、障碍度模型等方法测度和分析 2008—2017 年各省区工业绿色竞争力的时空分异特征及障碍因素。结果表明:(1) 时间层面上,黄河流域沿线省区工业绿色竞争力水平整体基本稳定,其中山东省最为稳定,青海、甘肃、陕西、山西 4 省基本稳定,河南、内蒙古 2 省区上升幅度较大,宁夏回族自治区排名下降明显;(2) 空间层面上,黄河流域沿线各省区的工业绿色竞争力水平地区差异显著,呈现东部高于西部、南部强于北部的特征,其中山东省得分最高,青海省得分较低;(3) 通过障碍度模型研究表明,在准则层层面,工业绿色创新不足是阻碍黄河流域工业绿色竞争力水平提升的主要障碍因素;在要素层层面,工业创新能力较弱是主要的障碍因素;在指标层层面,各省区情况不同使得指标层障碍因素各异。

**关键词:**工业绿色竞争力;时空分异;障碍因素;黄河流域

**中图分类号:**K901 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-8020(2023)01-0011-10

2019 年 9 月,习近平总书记在河南主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会。会中指出,黄河流域在未来的发展中要把生态安全放在首位,黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家重大发展战略。近年来,黄河流域经济发展迅速,但受其特定的气候、水文、地形等自然环境的制约,其生态环境相比于长江、珠江等流域来说较为脆弱,目前流域内仍然存在水资源紧张、人地矛盾加剧、生态环境脆弱、经济发展质量不高等一系列的突出问题。十九大报告指出,我国经济社会已由高速增长阶段转向高质量发展阶段<sup>[1]</sup>,工业作为国民经济中最重要的物质生产部门之一,是经济社会发展的重要基础,工业的发展质量直接影响经济社会的发展质量。因此,对黄河流域工业绿色竞争力进行研究,了解其主要障碍因素,对实现黄河流域高质量发展具有重要意义。

针对竞争力的研究,最早始于 1989 年由世界经济论坛(WEF)和瑞士国际管理发展学院(IMD)主导对国际竞争力的相关研究。1990 年美国战略管理学家 Porter 提出钻石理论,用于分

析一个国家如何形成自己的竞争优势,并于 1991 年首次引申出绿色竞争力的概念,将经济效益和生态效益结合起来定义绿色竞争力,在国际上掀起了对绿色竞争力的研究热潮<sup>[2-4]</sup>。目前,国内学者对绿色竞争力的关注持续增长,围绕绿色竞争力进行了一系列的理论与实证研究,已取得较为丰富的研究成果。

洪小瑛<sup>[5]</sup>首先对绿色竞争力的概念内涵进行了概述,认为绿色竞争力是一个系统的概念,是由绿色资源、技术、管理、生产、文化等要素综合作用而成的,是绿色文明时代的核心竞争力;文献[6—9]将绿色竞争力的概念内涵引申到企业、制造业、港口、电子商务等领域。在绿色竞争力的测度评价方面,不同学者针对不同研究对象基于不同视角构建指标体系,对绿色竞争力进行测度。孙薇等<sup>[10]</sup>基于离差最大化、简单加权等方法,建立包含经济、社会和生态等方面的绿色竞争力评价指标体系,对江苏省制造业绿色竞争力进行测度评价;文献[11—12]分别基于 Vague 集和 DANP-FVIKOR 方法构建评价指标体系,对绿色

收稿日期:2021-12-20;修回日期:2022-04-05

基金项目:国家社会科学基金(20BJY070);山东省自然科学基金(ZR2019MD043)

通信作者简介:王成新(1971—),男,教授,博士研究生导师,博士,研究方向为区域规划与城镇发展。E-mail:404122665@qq.com

建筑承包商竞争力进行评价;黄晗等<sup>[13]</sup>基于 ANP 模型,从生产营运规模、成本控制、基础设施等 5 个方面构建评价指标体系,对绿色港口竞争力进行测度评价;王军等<sup>[14]</sup>基于钻石理论,运用主成分分析构建省域绿色产业竞争力综合评价体系,对全国各省级行政单元的相关指标进行实证分析,并以山东省为例提出了具体优化对策;文献[15—18]尝试对我国省域、市域绿色竞争力进行探究。绿色竞争力的影响因素界定方面呈现多视角、多维度的特点。黄小勇等<sup>[19]</sup>基于中国省域绿色竞争力的实证研究,认为互联网对中国绿色经济增长具有显著的推动作用,环境治理、贸易开放、科技创新等对绿色经济增长也存在显著的正向影响;李金克等<sup>[20]</sup>基于环境动态性视角,探究大数据能力与制造业绿色竞争力之间的作用关系,指出大数据战略规划和大数据分析能力是提高制造业绿色竞争力的显著积极因素;傅春等<sup>[21]</sup>基于我国中部地区的实证研究,运用系统广义矩估计和可行广义最小二乘法回归模型,探究环境规划对绿色竞争力的影响机制。

综上,国内外关于绿色竞争力的研究已相对成熟,但仍存在一些不足之处。目前研究主要以静态定性描述为主,缺乏时序上的动态演变,尤其需要深化长时间尺度的研究,且当前研究主要集中在全国和省域单一尺度上,以流域为研究尺度较少,未来应加强流域、省域、市域、县域等多尺度的融合研究;在研究内容方面,绿色竞争力的研究内涵已引申到企业、制造业、港口等具体领域,但对工业绿色竞争力的研究较少;在研究方法上,多数学者基于回归模型探究绿色竞争力的影响因素,未来研究仍需借鉴更多的新技术、新方法。本文以黄河流域沿线各省区为研究区域,通过构建工业绿色竞争力综合评价指标体系,运用主成分分析、障碍度模型等方法测度和分析 2008—2017 年各省区工业绿色竞争力的时空分异特征及障碍因素,以期提升黄河流域沿线省区工业的可持续发展能力提供借鉴。

## 1 研究区概况

由于黄河在四川省境内仅流经阿坝藏族羌族自治州和甘孜藏族自治州,而这两个自治州的经济总量在整个黄河流域中仅占 0.3%,根据国务院印发《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导

意见》(国发[2014]39号),四川省已经整体纳入到长江经济带中,因此四川省不作为本文的研究区域。基于上述考虑,本文的研究区域包括黄河流域沿线的青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东 8 个省区<sup>[22]</sup>,占地面积 308.08 万 km<sup>2</sup>。

黄河流域的战略地位至关重要,但经济发展与长江、珠江等流域相比还有较大差距,发展潜力巨大。截至 2018 年底,黄河流域各省区(除四川省)以占全国 32.1% 的国土面积创造了全国 21.6% 的 GDP,养育了 33 696 万人,约占全国总人口的 24.1%。研究区域内居民年人均可支配收入 23 088.5 元,低于全国平均水平(全国平均 28 228.0 元),居民年人均消费支出 16 560.0 元,低于全国平均水平(全国平均 19 853.1 元)。

## 2 指标体系构建与研究方法

### 2.1 指标体系构建

工业绿色竞争力指标体系的建立需要反映黄河流域沿线省区工业绿色发展的水平以及工业绿色竞争力基本特征、本质内涵等。为使评价指标体系更具有参考性和准确性,本文借鉴已有研究成果<sup>[7,23—24]</sup>,遵循科学性、合理性、数据可获得性等原则,结合黄河流域的发展实际,构建工业绿色竞争力综合评价指标体系。本指标体系共由 1 个目标层(T)——工业绿色竞争力,4 个准则层(G)——工业经济竞争水平、工业绿色创新水平、工业绿色生态水平、工业绿色治理水平,8 个要素层(E)以及 30 个指标层(I)构成。

工业经济竞争水平体现工业绿色竞争力的经济创收能力,根据我国新型工业化发展道路内涵中的“经济效益好”“科技含量高”要求,工业经济竞争水平主要从工业经济能力和高新技术产业两个维度考察。工业经济能力反映黄河流域工业发展的总体规模,选取人均工业增加值等指标表示;高新技术产业体现黄河流域工业发展的质量,选取高新技术产业主营业务收入占工业增加值百分比等指标表示。工业绿色创新水平反映工业绿色竞争力的技术创新能力,十九大报告强调要坚定实施创新驱动发展战略,工业绿色创新是降低工业生产成本、提高环境效率的关键途径,是推动工业高质量发展的关键,主要包括工业创新能力和创新环境两个方面。工业创新能力可反映科技成

果转化现实的生产力,主要包括工业企业 R&D 人员全时当量占从业人员的百分比等指标;工业创新环境反映了创新主体和集体效率,是工业高质量发展的重要前提,主要包括每十万人高等教育在校人数等指标。工业绿色生态水平体现工业绿色竞争力的污染排放及资源消耗水平,根据我国新型工业化发展道路内涵中的“低排放”“低消耗”要求,工业绿色生态水平主要从工业污染排放和工业资源消耗两个维度考察。工业污染排放反映工业生产过程中污染物的排放水平,选取万元 GDP 工业废水排放量等指标表示;工业资源消耗反映工业生产过程中的资源消耗水

平,选取单位工业总产值水耗等指标表示。工业绿色治理水平反映工业绿色竞争力的污染预防与治理能力,根据我国新型工业化发展道路内涵中的“环境污染少”和生态文明建设的根本要求,工业绿色治理水平主要包括污染治理能力和基础设施环境两个方面。污染治理能力的提高是黄河流域工业绿色发展的重要前提,主要包括工业固体废物综合利用率等指标;基础设施环境的改善是生态文明建设的重要目标,是促进环境友好型产业绿色发展的重要条件,主要包括人均公园绿地面积等指标。具体结构和内容见表 1。

表 1 工业绿色竞争力综合评价指标体系

Tab. 1 Comprehensive evaluation index system of industrial green competitiveness

目标层(T)	准则层(G)	要素层(E)	指标层(I)	单位	
工业绿色竞争力	工业经济竞争水平(G <sub>1</sub> )	工业经济能力(E <sub>1</sub> )	人均工业增加值(I <sub>1</sub> )	元	
			工业增加值(I <sub>2</sub> )	亿元	
	工业绿色创新水平(G <sub>2</sub> )	高新技术产业(E <sub>2</sub> )	高新技术产业主营业务收入占工业增加值的百分比(I <sub>3</sub> )		%
			高新技术产业新产品销售收入占主营业务收入的百分比(I <sub>4</sub> )		%
			高新技术产业企业数(I <sub>5</sub> )		个
		工业创新能力(E <sub>3</sub> )		工业企业 R&D 人员全时当量占从业人员的百分比(I <sub>6</sub> )	
			工业企业 R&D 经费内部支出占工业增加值的百分比(I <sub>7</sub> )		%
			有 R&D 活动的企业数占比(I <sub>8</sub> )		%
			工业企业 R&D 项目数(I <sub>9</sub> )		项
			专利申请数(I <sub>10</sub> )		件
			新产品开发项目数(I <sub>11</sub> )		项
	工业绿色创新环境(E <sub>4</sub> )		新产品销售收入(I <sub>12</sub> )		万元
		工业创新环境(E <sub>4</sub> )		每十万人高等教育在校人数(I <sub>13</sub> )	人
				当地公共教育支出占公共财政支出的百分比(I <sub>14</sub> )	
			当地高等学校拥有量(I <sub>15</sub> )		个
工业绿色生态水平(G <sub>3</sub> )	工业污染排放(E <sub>5</sub> )		万元 GDP 工业废水排放量(I <sub>16</sub> )	t/万元	
			万元 GDP 工业固体废物产生量(I <sub>17</sub> )	t/万元	
			万元 GDP 工业二氧化硫排放量(I <sub>18</sub> )	t/万元	
工业绿色治理水平(G <sub>4</sub> )	工业资源消耗(E <sub>6</sub> )		单位工业总产值水耗(I <sub>19</sub> )	m <sup>3</sup> /万元	
			单位工业总产值能耗(I <sub>20</sub> )	万 t 标准煤/亿元	
			单位工业总产值电耗(I <sub>21</sub> )	(kW·h)/万元	
工业绿色治理水平(G <sub>4</sub> )	污染治理能力(E <sub>7</sub> )		工业固体废物综合利用率(I <sub>22</sub> )	%	
			工业废水处理能力(I <sub>23</sub> )	万 t·d <sup>-1</sup>	
			地方污染治理投资占全国污染治理投资的百分比(I <sub>24</sub> )		%
			环境治理投资占工业增加值的百分比(I <sub>25</sub> )		%
工业绿色治理水平(G <sub>4</sub> )	基础设施环境(E <sub>8</sub> )		城市化率(I <sub>26</sub> )	%	
			城市万人拥有公共交通工具(I <sub>27</sub> )	标台	
			人均公园绿地面积(I <sub>28</sub> )	m <sup>2</sup>	
			建成区绿化覆盖率(I <sub>29</sub> )	%	
		森林覆盖率(I <sub>30</sub> )	%		

2.2 研究方法

2.2.1 主成分分析法

本文应用主成分分析法,借助 SPSS 22.0 软件对研究区域各省区的工业绿色竞争力水平进行

综合评价。具体步骤如下<sup>[25-27]</sup>：

1) 利用 SPSS 22.0 软件对原指标数据进行标准化处理,以消除数量级和量纲差异影响。

2) 计算并建立原始指标数据的  $I \times J$  型相关系数矩阵  $R$ 。



3) 计算相关系数矩阵  $\mathbf{R}$  的特征  $\lambda_i$ , 并按从大到小的顺序排列:  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_j$ 。

4) 计算特征值对应的特征向量  $\mathbf{L}_i$ , 且  $\mathbf{L}_1 \geq \mathbf{L}_2 \geq \dots \geq \mathbf{L}_j$ , 这里  $\mathbf{L}_1, \mathbf{L}_2, \dots, \mathbf{L}_j$  分别为主成分  $F_1, F_2, \dots, F_j$  的系数。

5) 计算各主成分方差贡献率, 确定主成分个数  $k$ , 并计算各主成分最终得分, 即:

$$F_i = a_{i1} \cdot I_1^* + a_{i2} \cdot I_2^* + a_{i3} \cdot I_3^* + \dots + a_{ij} \cdot I_j^* \quad (1)$$

式中:  $a_{ij}$  为第  $i$  个区域的第  $j$  个指标数据的元件评分系数,  $I_i^*$  为各指标数据标准化后的变量,  $i = 1, 2, \dots, j$ 。

6) 对  $k$  个主成分进行加权求和, 得到工业绿色竞争力综合得分, 计算公式如下:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i \cdot W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

式中,  $F_i$  表示各主成分得分,  $W_i$  表示各主成分方差贡献率占累积贡献率之比。

### 2.2.2 障碍度模型

在计算黄河流域沿线各省区的工业绿色竞争力综合得分后, 需要对各项指标数据进行深层次的分析。本文以 2017 年数据为例, 通过构建障碍度模型, 以明确限制黄河流域沿线省区工业绿色竞争力提升的障碍因素, 其计算公式为<sup>[28-29]</sup>:

$$I_{ij} = 1 - Y_{ij} \quad (3)$$

$$h_j = \left( \frac{F_j I_{ij}}{\sum_{j=1}^m F_j I_{ij}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

$$H_j = \sum_{j=1}^m h_j \quad (5)$$

$$G_j = \sum_{j=1}^m H_j \quad (6)$$

式中:  $Y_{ij}$  为指标数据标准化后的变量;  $I_{ij}$  为指标偏离度, 表示单项指标与工业绿色竞争力全目标

间的差距;  $F_j$  为因子贡献度, 表示各指标数据对工业绿色竞争力的权重;  $h_j, H_j, G_j$  分别为指标层指标、要素层指标和准则层指标对工业绿色竞争力的障碍度。

### 2.3 数据来源

本文研究数据主要来源于 2009—2018 年的《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》, 以及各省区的统计年鉴和国民经济与社会发展统计公报等。

## 3 结果与分析

使用 SPSS 22.0 软件, 对黄河流域沿线省区 2008—2017 年共 10 年的指标数据逐年进行描述、降维、标准化等处理。以 2017 年数据为例, 利用 SPSS 软件得出所有变量的共同度数据在 0.9 以上, 表明所有变量的共同度均较高, 变量中丢失的信息较少, 因子提取总体效果较为理想。通过 SPSS 软件, 计算得出指标数据的特征向量矩阵、主成分贡献率和累计贡献率等, 具体结果见表 2。

从表 2 可以看出, 提取的 6 个主成分因子能够反映原变量信息的 98.558%, 基本可以代表原指标数据的大部分信息。因此, 选取这 6 个主成分作为计算工业绿色竞争力综合得分的公共因子, 采用回归法估计因子得分系数, 并输出得分系数矩阵。将所得指标数据标准化处理后, 通过计算得到各主成分的得分, 则地区工业绿色竞争力的总得分为对应地区各主成分的得分之和。

### 3.1 黄河流域工业绿色竞争力时序演变分析

通过主成分分析方法, 测度 2008—2017 年黄河流域各省区工业绿色竞争力, 得到各省区工业绿色竞争力综合得分, 结果如图 1 所示。

表 2 全部变量解释百分率

Tab. 2 Total variables accounted for percentage

元件	初始特征值			抽取平方和载入			旋转平方和载入		
	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	16.770	55.901	55.901	16.770	55.901	55.901	13.247	44.156	44.156
2	3.802	12.674	68.575	3.802	12.674	68.575	6.399	21.330	65.486
3	3.589	11.963	80.538	3.589	11.963	80.538	3.527	11.757	77.243
4	2.341	7.804	88.342	2.341	7.804	88.342	2.324	7.745	84.988
5	1.791	5.969	94.311	1.791	5.969	94.311	2.105	7.017	92.005
6	1.274	4.248	98.558	1.274	4.248	98.558	1.966	6.553	98.558

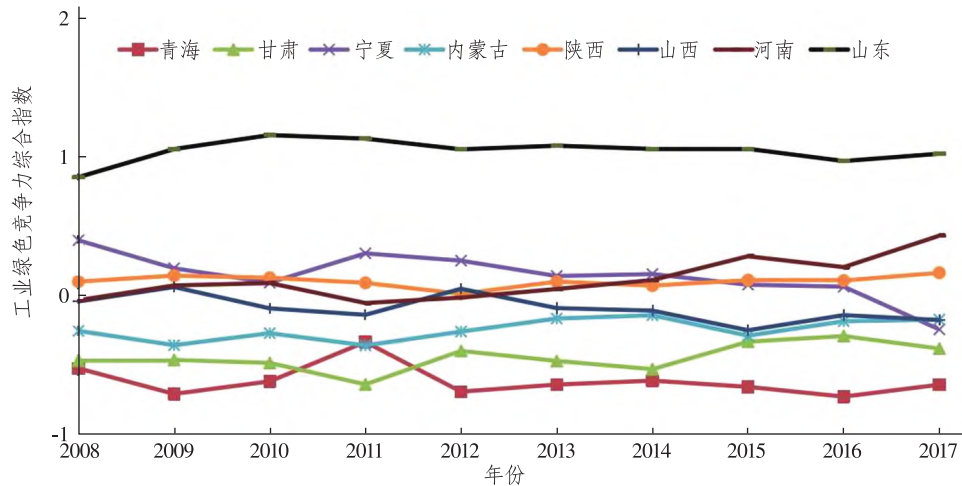


图1 黄河流域沿线省区工业绿色竞争力综合得分变化趋势(2008—2017年)

Fig.1 Variation trends of comprehensive scores of industrial green competitiveness in provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin(2008—2017)

由图1可看出,2008—2017年黄河流域各省区工业绿色竞争力呈波动态势。其中,山东省工业绿色竞争力综合得分呈波动上升的态势,由2008年0.85上升至2017年的1.02,相较于其他省区呈现高水平的发展状态,这主要得益于该区域具有良好的产业经济基础,地方工业经济能力强,工业创新能力及创新环境水平较高,为产业环境的改善提供了坚实的经济和技术保障。河南省工业绿色竞争力综合得分总体位于第2位,呈现波动上升趋势,由2008年-0.03上升至2017年的0.43,这主要归功于其工业创新能力与工业创新环境较好,该省10年公共教育支出占公共财政支出比平均达到19%,仅次于山东省。陕西省的工业绿色竞争力综合得分总体处于第3位,呈现先下降后稳步上升的趋势,由2008年0.10上升至2017年的0.16,这主要得益于该省基础设施环境较好,且工业创新能力和创新环境相比于其他省区也较为优越,对该省工业绿色竞争力的提升起到积极作用。山西省工业绿色竞争力呈现波动下降趋势,由2008年的-0.04下降至2017年的-0.18,主要原因归结于该省作为能源大省,在经济发展进程中对生态环境施加的压力过重,环境污染问题突出。宁夏回族自治区工业绿色竞争力综合得分呈波动下降趋势,且波动程度较为明显,由2008年的0.40下降到2017年的-0.24,这主要是因为该自治区对工业环境管理,即污染治理和基础设施环境建设方面投入资金较为缺乏。内蒙古自治区工业绿色竞争力综合得分呈波动上升趋

势,由2008年的-0.25上升至2017年的-0.17,该区资源开发历史悠久,在开发过程中资源浪费现象严重,利用率较低,其高新技术产业发展水平和工业创新环境相对较差,需要较长时间进行转型。甘肃省和青海省工业绿色竞争力位于最后两位,二者发展呈现对称型变化趋势,但甘肃省整体综合得分高于青海省,由2008年的-0.47上升到2017年的-0.38,青海省工业绿色竞争力综合得分位于末位,呈现倒“U”型下降趋势,由2008年的-0.52下降至2017年-0.64,通过数据分析发现,该区域创新环境和创新能力较差,人才流失现象严重,在外省份高校培养的毕业生回归率不高,且这两个省份的森林覆盖率和建成区绿化覆盖率也偏低,生态涵养能力不足。

### 3.2 黄河流域工业绿色竞争力空间格局演变分析

为更直观体现黄河流域沿线省区工业绿色竞争力的空间演变格局,本文选取2008、2011、2014、2017年作为时间截面,借助ArcGIS软件中的自然间断点分级法(Natural Breaks)对黄河流域各省区的工业绿色竞争力综合得分进行可视化处理,由高到低划分为高水平区、较高水平区、中等水平区、较低水平区以及低水平区等5级。等级分布空间变化情况见图2。

根据图2可以得到,黄河流域沿线省区工业绿色竞争力呈不平衡的空间分异格局,总体表现出东部优于西部、南部强于北部,工业绿色重心呈自西向东逐渐发展的分布规律。

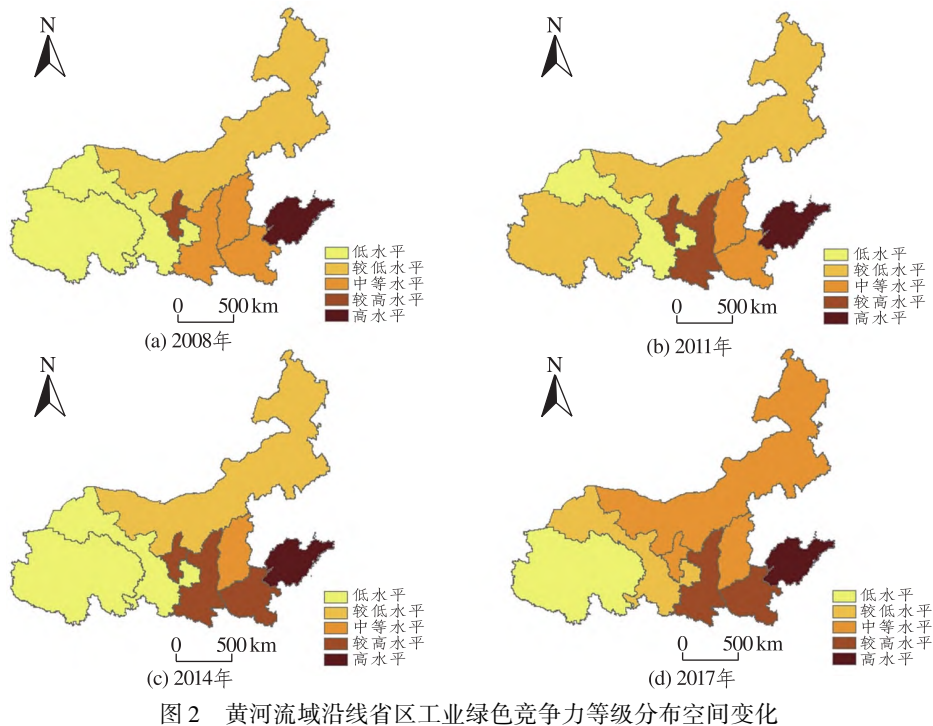


图 2 黄河流域沿线省区工业绿色竞争力等级分布空间变化

Fig. 2 The spatial variations of industrial green competitiveness of provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin

2008 年黄河流域工业绿色竞争力空间分布呈现出东西双核心的格局,且以山东省为中心的东部区域工业绿色竞争力水平要优于以宁夏为中心的西部区域,中等水平的省区呈片状分布,集中在中间地带。2011 年黄河流域工业绿色竞争力水平总体得到提高,中部区域工业绿色竞争力水平得到加强,主要体现为陕西省由中等水平区提升到较高水平区;其次,位于研究区最西部的青海省有所提升,低水平区个数减少。2014 年中部区域工业绿色竞争力水平进一步提升,河南省由中等水平上升为较高水平,较高水平区的省区个数上升为 3 个,呈现东西向的带状分布,而西部区域的甘肃省和青海省整体水平较低。2017 年黄河流域最终形成东部优于西部、南部强于北部的工业绿色竞争力空间分布格局,内蒙古自治区、甘肃省和青海省工业绿色竞争力水平逐渐降低,形成一条东北—西南向的弱渐轴;值得注意的是,内蒙古自治区在 2017 年工业绿色竞争力提高显著,由较低水平区提升到中等水平区,通过数据分析发现,2017 年内蒙古自治区高新技术产业主营业务收入占工业增加值的比重、R&D 经费内部支出占工业增加值比重均显著提升,可见高新技术产业和工业创新能力的优化,对内蒙古自治区工业绿色竞争力整体水平的提高有显著的促进作用。

### 3.3 黄河流域工业绿色竞争力障碍因素分析

为进一步深入明确影响黄河流域各省区工业绿色竞争力的障碍因素,本文以 2017 年为例,借助障碍度模型对其进行测度与分析。

#### 3.3.1 准则层障碍因素分析

基于障碍度模型,对研究区各省区的工业绿色竞争力综合评价指标体系中准则层的障碍度进行测算,具体测算结果如图 3 所示。

由图 3 可知,影响黄河流域各省区工业绿色竞争力的准则层障碍因素主要是工业绿色创新水平和工业绿色治理水平较低。在工业绿色创新水平方面,山东、陕西和河南等省区的工业绿色创新水平对其工业绿色竞争力提升的阻碍较小,由于以上省区紧邻京津冀城市群,分别位于山东半岛、中原、关中平原城市群之中,经济发展基础较好,教育资源优良,创新氛围相对浓厚,因此工业的绿色创新水平优势较其他省区更明显;青海、内蒙古和宁夏等省区的工业绿色创新水平对其工业绿色竞争力提升的阻碍较大,由于这些地区位于我国西部,经济发展基础较弱,教育条件相比东部地区来说较差,高校数目少,科研院所的建设有待完善,创新氛围不够浓厚,创新产出相对较少,因此工业绿色创新水平有待提高。在工业绿色治理水



平方面,内蒙古、宁夏和山西等省区的工业绿色治理水平对其工业绿色竞争力提升的阻碍较小,这主要归功于这些地区的城市绿色基础设施环境建设相对完善;甘肃、青海和河南等省区的工业绿色

治理水平对其工业绿色竞争力提升的阻碍较大,这主要是因为这些地区在快速发展本地经济的同时,相对忽视本地的工业污染治理或城市绿色基础设施环境的建设,因此阻碍作用较强。

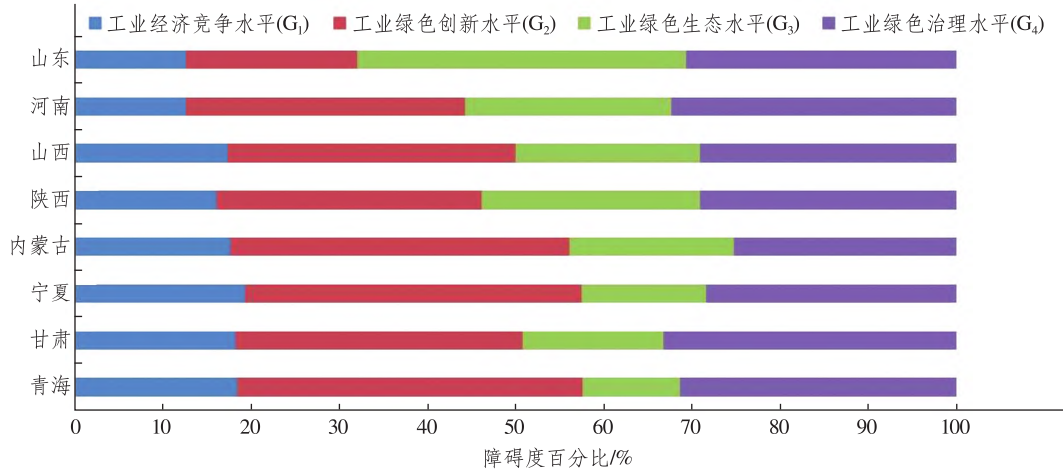


图 3 2017 年黄河流域沿线省区工业绿色竞争力准则层指标障碍度百分比

Fig. 3 Barrier degree percentage of criterion layer index of industrial green competitiveness of provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin in 2017

### 3.3.2 要素层障碍因素分析

基于障碍度模型,对研究区各省区的工业绿

色竞争力综合评价指标体系中要素层的障碍度进行测算,测算结果见图 4。

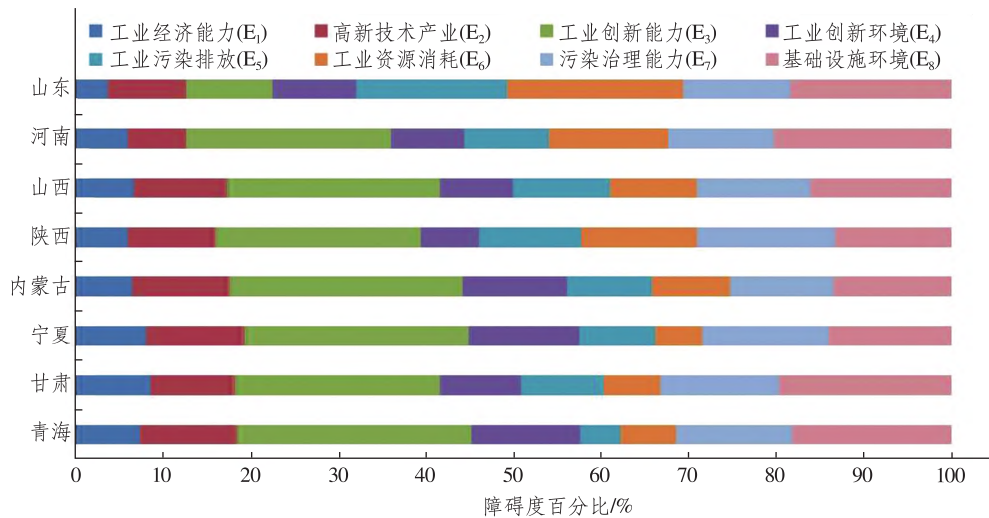


图 4 2017 年黄河流域沿线省区工业绿色竞争力要素层指标障碍度百分比

Fig. 4 Barrier degree percentage of factor layer index of industrial green competitiveness of provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin in 2017

由图 4 可知,对于青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西和河南这些省区,导致其工业绿色竞争力不够理想的要素层最大障碍因素是工业创新能力不足。通过对工业创新能力要素层包含的各指标原始数据分析发现,青海、甘肃等省区与山东省

差距较大,对于山东省来说,工业资源消耗过高是其工业绿色竞争力进一步提高的主要障碍,这在一定程度上肯定了山东省实施新旧动能转换重大工程的必要性。因此,研究区域各省区在以后的工业发展过程中,除山东省外的青海、甘肃、宁夏

等 7 个省区要特别重视自身创新能力的提高,依托国家创新驱动发展战略、人才强国战略及科教兴国等战略的契机,加强与创新能力较强地区的交流,积极引进先进的科学技术,吸引人才以增强自身的创新能力;山东省在推动自身创新能力进一步提高的同时,要加快新旧动能转换重大工程

的实施,淘汰落后产能,促进自身工业绿色竞争力的稳步提高。

### 3.3.3 指标层障碍因素分析

黄河流域东西跨度较大,情况错综复杂,每个省区情况不同。因此,在对各个省区指标层障碍度因素进行分析时选取各省区前两位的障碍因子(表 3)。

表 3 2017 年黄河流域沿线省区工业绿色竞争力指标层障碍度

Tab.3 Index barrier degree of industrial green competitiveness index layer of provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin in 2017

省区	指标	单位	障碍度指数
青海	每十万人高等教育在校人数( $I_{13}$ )	人	4.493 0
	有 R&D 活动的企业数占比( $I_8$ )	%	4.301 2
甘肃	人均工业增加值( $I_1$ )	元	4.748 9
	城市化率( $I_{26}$ )	%	4.538 7
宁夏	当地公共教育支出占公共财政支出百分比( $I_{14}$ )	%	4.485 7
	工业废水处理能力( $I_{23}$ )	万 t/d	4.318 6
内蒙古	高新技术产业主营业务收入占工业增加值百分比( $I_3$ )	%	4.636 0
	当地公共教育支出占公共财政支出百分比( $I_{14}$ )	%	4.287 8
陕西	单位工业总产值电耗( $I_{21}$ )	(kW·h)/万元	4.497 6
	单位工业总产值能耗( $I_{20}$ )	万 t 标准煤/亿元	4.446 6
山西	城市万人拥有公共交通工具( $I_{27}$ )	标台	4.285 9
	高新技术产业新产品销售收入占主营业务收入百分比( $I_4$ )	%	4.156 5
河南	单位工业总产值电耗( $I_{21}$ )	(kW·h)/万元	4.952 6
	环境治理投资占工业增加值百分比( $I_{25}$ )	%	4.808 5
山东	单位工业总产值水耗( $I_{19}$ )	m <sup>3</sup> /万元	7.025 4
	环境治理投资占工业增加值百分比( $I_{25}$ )	%	6.667 0

由表 3 可知,每个省区的情况不同,要提高各地区的工业绿色竞争力水平必须对症下药,有针对性地调整。青海省的教育水平相较于其他省区来说水平较弱,因此在今后的发展中要注重加大对教育事业的投入,制定优惠政策吸引和留住人才;对当地企业的 R&D 活动加强引导,并给予优惠政策,以提高当地企业的创新活力。甘肃省工业经济发展能力不足,人均工业增加值与其他省区相比有较大差距,在今后的发展中可立足当地丰富的矿产和能源资源,合理开采并深加工,以提高当地的工业经济能力;当地政府还应制定科学的城市发展规划,制定优惠政策吸引外来人口,促进当地城市化。宁夏回族自治区和内蒙古自治区要加大对公共教育的财政支持,提高其在公共财政支出中的比重,推动当地公共教育事业的发展;宁夏回族自治区要引进先进的污水处理技术,提高污水处理能力,内蒙古自治区加强对当地高新技术企业的引导,给予政策优惠,加强与其他发达地区的交流,以提高高新技术主营业务收入占工

业增加值比重。山西省应加强基础设施特别是公共交通方面的建设,提高城市万人公共交通工具拥有量,增强市民的出行能力;加强对高新技术企业的引导,提高新产品销售收入占主营业务收入的比重。河南省和山东省要提高环境保护与治理的意识,加大对环境治理的投资力度,提高其在工业增加值的比重。同时,各省区在今后的发展过程中要加强与发达地区的交流,积极引进先进的生产技术,降低单位工业增加值的能耗,以最小的能源代价换取最大的经济效益。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文以黄河流域沿线各省区为研究区域,通过构建工业绿色竞争力综合评价指标体系,运用主成分分析、障碍度模型等方法,测度和分析 2008—2017 年各省区工业绿色竞争力的时空分



异特征及障碍因素,得出以下结论:

1) 黄河流域工业绿色竞争力整体呈现上升趋势,各省区排名基本保持稳定。山东省最为稳定,远高于其余省区,位于领先地位;青海、甘肃、陕西和山西 4 个省基本稳定;河南、内蒙古 2 个省区上升幅度较大,宁夏回族自治区排名下降明显。

2) 黄河流域沿线各省区的工业绿色竞争力水平呈现不平衡的空间分异格局,且具有东部高于西部、南部强于北部的特征。其中,山东省得分最高,平均得分 1.04 分,青海省得分较低,平均得分 -0.62 分,山东省作为黄河流域工业绿色竞争力的核心地带,带动了周边省区工业绿色竞争力水平的提高;西部省区除宁夏回族自治区水平较高外,其余省区均较弱,西部省区应借鉴东部的发展经验,充分发挥宁夏回族自治区的核心带动作用。

3) 在准则层方面,工业绿色创新水平不足是阻碍黄河流域工业绿色竞争力水平提升的最大障碍因素;在要素层方面,山东省的主要障碍因素是工业资源消耗过高,青海、甘肃等其他 7 个省区的主要障碍因素是工业创新能力偏弱;在指标层方面,由于研究范围东西跨度大,各省区情况不同,因此每个省区的指标层障碍因素各异。

## 4.2 讨论

在中国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段的关键时期,绿色发展已成为大势所趋。绿色发展战略的推进对于促进区域经济社会与资源环境耦合协调、区域人地协调发展具有重要意义,绿色竞争力的提升是绿色发展战略推进的重要体现。本文基于工业视角建立科学合理的工业绿色竞争力综合评价指标体系,通过主成分分析法和障碍度模型,对黄河流域工业绿色竞争力综合得分以及障碍度指数进行了科学的定量评价,助推黄河流域生态保护和高质量发展。但本文仍存在不足之处:首先研究尺度为省级行政单元,缺少对黄河流域微观尺度的研究,今后的研究应具体到地级或者县级尺度;其次,工业绿色竞争力是受多重因素综合影响的动态复杂过程,评价指标体系仍需在具体实践中不断完善,今后有待更深入研究。

## 参考文献:

[1] 刘志彪. 理解高质量发展:基本特征、支撑要素与当

前重点问题[J]. 学术月刊,2018,50(7):39-45.

- [2] 王勤. 当代国际竞争力理论与评价体系综述[J]. 国外社会科学,2006(6):32-38.
- [3] PORTER M E. The competitive advantage of nations [M]. New York:Free Press,1990.
- [4] PORTER M E. Green competitiveness[J]. New York Times,1991(4):56-60.
- [5] 洪小琪. 关于绿色竞争力的几点理论思考[J]. 广西社会科学,2002(3):92-95.
- [6] 王建国,袁瑜,陈红喜. 长三角与环渤海地区的企业绿色竞争力测评比较[J]. 中国人口·资源与环境,2008(5):101-107.
- [7] 张峰,宋晓娜,董会忠. 粤港澳大湾区制造业绿色竞争力指数测度与时空格局演化特征分析[J]. 中国软科学,2019(10):70-89.
- [8] 顾磊,曲林迟,甘爱平,等. 绿色供应链管理视角下港口绿色绩效及竞争力研究:来自沿海港口的问卷数据[J]. 科技管理研究,2014,34(23):227-232.
- [9] 范福军,陈畅足. 低碳经济背景下服装企业电子商务的绿色竞争力[J]. 纺织导报,2012(3):108-109.
- [10] 孙薇,侯煜菲,周彩虹. 制造业绿色竞争力评价与预测:以江苏省为例[J]. 中国科技论坛,2019(4):124-132.
- [11] 阮连法,顾昌全. 基于 DANP-FVIKOR 方法的绿色建筑承包商竞争力评价[J]. 统计与决策,2013(18):54-57.
- [12] 杨斯玲,蒋根谋,刘伟. 基于 Vague 集和模糊物元的绿色建筑承包商竞争力评价[J]. 技术经济,2017,36(6):91-97.
- [13] 黄晗,莫东序,程婉静. 基于 ANP 模型的绿色港口竞争力评价[J]. 技术经济,2017,36(2):117-122.
- [14] 王军,井业青. 基于钻石理论模型的我国绿色产业竞争力实证分析:以山东省为例[J]. 经济问题,2012(11):36-40.
- [15] 陈运平,黄小勇. 区域绿色竞争力影响因子的探索性分析[J]. 宏观经济研究,2012(12):60-67.
- [16] CHENG X, LONG R, CHEN H, et al. Green competitiveness evaluation of provinces in China based on correlation analysis and fuzzy rough set[J]. Ecological Indicators,2018,85(6):841-852.
- [17] ZHANG H, GENG Z, YIN R, et al. Regional differences and convergence tendency of green development competitiveness in China[J]. Journal of Cleaner Production,2020,254:119922.
- [18] 李妍,朱建民. 生态城市规划下绿色发展竞争力评价指标体系构建与实证研究[J]. 中央财经大学学报,2017(12):130-138.
- [19] 黄小勇,查育新,朱清贞. 互联网对中国绿色经济增

- 长的影响:基于中国省域绿色竞争力的实证研究[J].当代财经,2020(7):112-123.
- [20] 李金克,张荣,李伯钧.环境动态性视角下大数据能力对制造业绿色竞争力的影响机制研究:基于SBM-GML指数模型[J].科技进步与对策,2021,38(23):67-75.
- [21] 傅春,王娟,余伟.环境规制对绿色竞争力的影响机制:基于我国中部地区的实证分析[J].科技管理研究,2021,41(22):223-230.
- [22] 赵建吉,刘岩,朱亚坤,等.黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素[J].资源科学,2020,42(1):159-171.
- [23] 王军,耿建.企业绿色竞争力评价模型构建及应用[J].统计与决策,2012(22):169-171.
- [24] 王磊,陈彦.生产性服务业集聚与工业绿色竞争力[J].金融与经济,2021(11):54-61.
- [25] 赵晓兰,王慧.基于主成分分析的菏泽市县域经济综合竞争力研究[J].鲁东大学学报(自然科学版),2015,31(3):265-271.
- [26] 陈威,潘润秋,王心怡.中国省域对外开放度时空格局演化与驱动机制[J].地理与地理信息科学,2016,32(3):53-60.
- [27] 王瑞莉,王成新,薛明月,等.中国能耗的时空演化及其影响因素[J].济南大学学报(自然科学版),2021,35(1):46-54.
- [28] 鲁春阳,文枫,杨庆媛,等.基于改进TOPSIS法的城市土地利用绩效评价及障碍因子诊断:以重庆市为例[J].资源科学,2011,33(3):535-541.
- [29] 李梦程,李世泰,王成新,等.中国海岛型旅游目的地生态安全综合评价与障碍因素研究[J].海洋科学,2020,44(5):76-86.

## Spatial and Temporal Differentiation and Obstacle Factors of Industrial Green Competitiveness in the Yellow River Basin

JIN Zhenxing, WANG Chengxin, YU Shangkun, LI Mengcheng

(a. School of Geography and Environment; b. Collaborative Innovation Center of Human-Nature and Green Development in Universities of Shandong, Shandong Normal University, Jinan 250358, China)

**Abstract:** With the promotion of the national strategy of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin, it is particularly important to evaluate and improve the industrial green competitiveness in the basin. This paper takes provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin as the research area. By constructing a comprehensive evaluation index system of industrial green competitiveness, principal component analysis and obstacle degree model were used to measure and analyze the spatial and temporal differentiation characteristics and obstacle factors of industrial green competitiveness of provinces and autonomous regions from 2008 to 2017. The results are as follows. (1) At the temporal level, the overall level of industrial green competitiveness of provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin is basically stable, among which Shandong Province is the most stable, Qinghai, Gansu, Shaanxi and Shanxi provinces are basically stable, Henan Province and Inner Mongolia Autonomous Region have a large increase, and Ningxia Hui Autonomous Region has a significant decline. (2) At the spatial level, the regional differences of industrial green competitiveness of provinces and autonomous regions along the Yellow River Basin are significant, and the eastern part is higher than the western part, and the southern part is stronger than the northern part. Shandong Province has the highest score, while Qinghai Province has a lower score. (3) Through the obstacle degree model, it is shown that the lack of industrial green innovation is the main obstacle to the improvement of industrial green competitiveness in the Yellow River Basin at the criterion level; at the factor level, the weak industrial innovation ability is the main obstacle; at the level of indicators, due to the different conditions in each province and autonomous region, the obstacles in each province are different.

**Keywords:** industrial green competitiveness; spatial and temporal differentiation; obstacle factors; the Yellow River Basin

(责任编辑 顾建忠)