

doi:10.3969/j.issn.1674-117X.2020.04.009

我国工业绿色发展水平之综合评价

黄敦平^{1,2}, 刘子杰¹

(1. 安徽财经大学 经济学院, 安徽 蚌埠 233030; 2. 南京大学 商学院, 江苏 南京 210093)

摘要: 从工业增长水平、工业研发强度、政府支持力度、工业能耗水平、污染治理效率等5个方面构建工业绿色发展水平评价指标体系, 并运用因子分析模型综合评价我国工业绿色发展水平。结果显示: 我国工业绿色发展整体水平不高, 且存在较强的空间异质性。东部地区工业绿色发展水平相对较高, 其中浙江、上海工业绿色发展水平优势明显, 综合评价得分在0.8以上; 中部地区内部差异较大, 而西部地区相对较低。进一步采用聚类分析模型, 可将各省市划分为较高、一般、较低三大类地区, 较高地区为上海、江苏、浙江等6个省市, 一般地区为安徽、山东、湖南等11个省市, 较低地区为河南、江西、陕西等14个省市。据此提出提升我国工业绿色发展水平的政策建议: 促进产业结构优化调整, 打造工业产业分布集群; 推进生产过程清洁化, 提高清洁能源利用效率; 发展工业绿色设计, 实现产业结构的优化调整; 加快构建绿色工业体系, 增强工业可持续发展能力。

关键词: 工业绿色发展; 因子分析; 聚类分析

中图分类号: F424

文献标志码: A

文章编号: 1674-117X(2020)04-0061-08

引用格式: 黄敦平, 刘子杰. 我国工业绿色发展水平之综合评价[J]. 湖南工业大学学报(社会科学版), 2020, 25(4): 61-68.

Comprehensive Evaluation of China's Green Industrial Development

HUANG Dunping^{1,2}, LIU Zijie¹

(1. School of Economics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu Anhui 233030, China;
2. School of Business, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: In this article, 5 indicators are selected to build an evaluation system of green industrial development from five aspects, i.e., industrial growth, industrial R&D intensity, government support, industrial energy consumption and pollution management, and factor analysis is used to evaluate the green industrial development in China. The results show that the overall level of industrial green development in China is not high and there is a strong spatial heterogeneity. The level of green industrial development in eastern region is relatively high, among them, the industrial green development of Zhejiang, Shanghai is obvious, and they scored more than 0.8 in the comprehensive evaluation; there are great differences within the central regions, while the difference is relatively low in the western regions. The cluster analysis is further used to divide various provinces and cities in China into

收稿日期: 2020-01-20

基金项目: 教育部人文社会科学研究基金资助项目“乡村振兴视阈下劳动力回流的减贫效应研究”(19YJCZH058); 安徽财经大学科学研究重大项目“安徽省农民工回流的多维减贫效应测度与提升对策研究”(ACKY1803ZDA); 安徽财经大学大学生科研创新项目“长三角中心区城市经济发展活力综合评价与提升对策研究”(XSKY2042)

作者简介: 黄敦平(1986—), 男, 安徽太湖人, 安徽财经大学副教授, 硕士生导师, 南京大学应用经济学在站博士后, 研究方向为区域经济学。

three types: high-level regions, middle-level regions and low-level regions. Among them, 6 regions are included in higher level of green industrial development, such as Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, etc. 11 regions are included in the middle level, such as Anhui, Shandong, Hunan, etc. 14 regions are included in the lower level, such as Henan, Jiangxi, Shanxi, etc. Based on research results, the paper puts forward three policy suggestions to promote the level of green industrial development in China: to improve the industrial structure and build industrial clusters, to promote clean production process and improve clean energy efficiency, to develop industrial green design and optimize structure, and to accelerate the building of a green industrial system and enhance sustainable development ability of industry.

Keywords: industrial green development; factor analysis; cluster analysis

改革开放以来,我国工业化发展水平取得举世瞩目的成就,但受限于工业发展初期发展观念不合理以及绿色发展体制不健全等多方面因素限制,以资源滥用和环境破坏为代价的不良工业化发展模式曾在较长一段时间盛行,其严重超出环境承载力以及资源容量限制,导致工业化发展与生态环境保护之间的矛盾日益尖锐,工业绿色转型升级势在必行。2015年,国务院印发的《中国制造2025》中明确提出,要加大先进节能环保技术研发力度,加快制造业绿色改造升级,全面加快工业绿色化发展进程。2016年,工业和信息化部出台的《工业绿色发展规划(2016—2020年)》中明确提出,到2020年绿色发展理念成为工业全领域全过程的普遍要求,基本形成促进工业绿色发展推进机制,将绿色工业产业打造成为具有国际竞争优势的新引擎,显著提升工业绿色发展整体水平。工业的绿色化发展,不仅符合当今世界人与自然和谐共融的基本发展要求,更是实现工业现代化与建设社会主义现代化强国的基本要求。

一 文献综述

国内外学者对于绿色经济增长的研究成果较丰富,而对于工业绿色发展的研究相对较少。其中,对于绿色工业内涵的探讨,始终未能形成统一结论。Saygılı等人^[1]认为,工业绿色发展需优化工艺流程,减少工业废物排放,将生产过程中的资源利用率达到最大化。Yan等人^[2]基于发展中国家的视角,认为工业绿色发展是一种以节能低碳、低排放和无污染为主要目标的新型工业发展模式,要求工业企业推进生产流程清洁化,提升工业生产过程中的生态环境效率和资源利用效率。李小平^[3]认为,工业绿色发展水平是衡量一个地区可

持续发展的重要指标之一,反映出工业经济发展和生态环境保护的和谐程度,是在保持工业经济增长的基础上所能减少的生态成本投入总量。

有关工业绿色发展的研究结果可以概括为以下三个方面:一是关于城市群工业绿色发展效率的研究。Hou等人^[4]基于2007—2015年我国工业废水、废气及固体废物排放量数据,采用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型,评估我国工业增长绿化度,结果发现,我国省际、城际和县域间的工业绿色发展均存在较强空间异质性,应结合地区实际情况制定符合本地绿色化发展战略。李俊杰等人^[5]构建了基于松弛变量测度(slack-based measure, SBM)模型和地理信息系统(geographic information system, GIS)模型,测度中原地区城市圈工业绿色发展效率,研究认为,工业绿色发展在中原城市群中呈现出“南部效率较低,西北部外围效率高”的时空分异特征。邓慧慧等人^[6]以京津冀城市群为研究对象,以工业污染排放为非期望产出,采用超效率SBM模型,分析产业集聚对工业绿色化发展的影响,结果发现,产业集聚可能导致工业企业出现拥挤效应。朱光福等人^[7]运用灰色关联理论,评估2008—2015年长江经济带城市工业绿色发展水平,结果表明,长江经济带城市工业绿色发展水平总体呈现上升态势,但区域内部差异较明显。二是关于政策导向对工业绿色发展作用的影响研究。陈诗一^[8]采用非参数方向距离函数(directional distance function, DDF)模型,估算我国工业真实生产率和环境发展水平,发现随着节能减排等一系列绿色发展政策的实行,工业实际生产率得到持续改善。续文文^[9]从供给侧结构改革角度,分析江苏省工业绿色化发展碳脱钩效应,结果显示,

绿色能源结构调整、绿色信贷机制建立等对工业二氧化碳及废弃物排放的脱钩具有极大促进作用。彭薇等人^[10]将政策制度环境纳入指标体系, 运用随机前沿分析(stochastic frontier analysis, SFA)模型评估江苏省工业绿色发展效率, 发现江苏省内部工业绿色发展效率存在明显差异, 其中, 苏南地区工业绿色发展效率最高, 苏中地区次之, 苏北地区最低。陈晓雪等人^[11]认为, 在技术进步、政策引导、产业优化等方面采取措施提升企业的主体地位, 对工业绿色转型发展具有明显的促进作用。三是关于技术创新对工业绿色化发展的探究。李健等人^[12]利用京津冀地区 2001—2005 年的工业生态足迹数据, 运用 Matlab 程序, 检验工业及生产性服务业绿色发展与科技进步之间的联系, 认为清洁能源开采方法与利用技术的发明创新有助于推进工业绿色化发展进程。胡立和等人^[13]从绿色和传统两个维度, 利用 Malmquist 指数模型, 研究长江经济带工业全要素生产率(total factor productivity, TFP), 结果表明, 技术进步长期无效率是导致绿色 TFP 低于传统 TFP 的重要原因。肖滢等人^[14]认为, 可从产业选择、技术研发、污染物处理等三个方面, 构建绿色工业发展协作机

制, 推动长三角地区的工业企业全生命周期绿色化发展。张永凯等人^[15]研究发现, 2010—2015 年, 山东各地市的工业绿色发展水平得到显著性提升。

综上所述, 国内外学者对于当前工业绿色发展的研究, 为本文奠定了坚实的理论基础。但是上述文献大多采用时间序列数据研究单个地区工业绿色发展水平, 而对国家层面工业绿色发展水平综合评价的研究相对较少。基于此, 本文将构建工业绿色发展水平综合评价指标体系, 基于 2017 年全国 31 个省市(港、澳、台除外)截面数据, 综合评价我国工业绿色发展水平, 并提出提升我国工业绿色发展水平的政策建议。

二 工业绿色发展水平综合评价指标体系构建

本文在陈旭彤^[16]研究的基础上, 创造性地引入工业增加值增长率、高新技术人员在工业企业用工人数中的占比、高新技术产业在工业中的占比、高等教育水平、电力消耗量在单位工业增加值中的占比、污水处理效率等指标, 从工业绿色增长贡献度与工业绿色发展效率两个维度, 构建工业绿色发展水平综合评价指标体系, 见表 1。

表 1 工业绿色发展综合评价指标体系

评价指标	一级指标	二级指标	三级指标	变量	指标属性	单位
工业绿色发展水平	工业绿色增长贡献度	工业增长水平	工业增加值增长率	X_{11}	正向	%
			规模以上工业企业成本费用利润率	X_{12}	正向	%
	工业绿色增长贡献度	工业研发强度	高新技术人员占比	X_{21}	正向	%
			高新技术产业占比	X_{22}	正向	%
			建成区绿化覆盖率	X_{31}	正向	%
	工业绿色增长贡献度	政府支持力度	人均公园绿地面积	X_{32}	正向	平方米/人
			高等教育水平	X_{33}	正向	人/万元
			单位工业增加值电耗量	X_{41}	负向	千瓦时/万元
	工业绿色发展效率	工业能耗水平	单位 GDP 主要废气排放量	X_{42}	负向	吨/万元
			污染治理效率	一般固体废物综合利用率	X_{51}	正向
		污水处理效率		X_{52}	正向	%

(一) 工业绿色增长贡献度

工业经济稳健增长是推动地区工业绿色化发展的巨大动力, 故工业绿色增长贡献度是构建工业绿色发展水平综合评价体系的一项重要指标, 用以衡量地区工业的发展现状、研发情况以及政府支持等三个方面的情况。为进一步细化工业绿色增长贡献度指标, 从经济层面选取工业增加值增长率、规模以上工业企业成本费用利润率描述现阶段工业增长水平; 从创新层面选取高新技术

人员占比、高新技术产业占比描述工业绿色研发强度; 从基建和教育层面选取建成区绿化覆盖率、人均公园绿地面积和高等教育水平描述政府绿色支持力度。

(二) 工业绿色发展效率

工业绿色发展效率体现地区工业当前的绿色化水平和未来的可持续发展能力, 故工业绿色发展效率的高低在衡量工业绿色发展水平中发挥着重要作用。选取单位工业增加值电耗量、单位

GDP 主要废气排放量、一般固体废物综合利用率、污水处理效率 4 项三级指标测度工业绿色发展效率。单位工业增加值电耗量和单位 GDP 主要废气排放量体现能源消耗、废气排放与地区工业经济发展之间的潜在联系;一般固体废物综合利用率和污水处理效率反映工业可持续发展能力。

三 我国工业绿色发展综合评价因子分析

本文数据来源于《中国统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》和《中国工业统计年鉴》。本研究采用

因子分析模型,综合评价我国工业绿色发展水平;进一步采用聚类分析模型,将各省市按照工业绿色发展水平进行分类。由于数据间存在负向指标和量纲差异,评价结果可能产生偏差,故对工业能耗水平指标中单位工业增加值电耗量和单位 GDP 主要废气排放量两个负向指标做正向化处理,并对处理后的数据进行标准化处理,最终得到处理后的数据结果。基于正向化和标准化处理后的数据,建立各指标间的相关性矩阵,具体指标见表 2;其方差分解主成分提取分析结果见表 3,旋转成分矩阵见表 4。

表 2 相关系数矩阵

变量	X_{11}	X_{12}	X_{21}	X_{22}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{41}	X_{42}	X_{51}	X_{52}
X_{11}	1.000	0.100	-0.012	0.059	0.226	-0.295	0.077	0.161	0.021	-0.054	-0.195
X_{12}	0.100	1.000	0.084	-0.031	0.156	-0.028	-0.337	0.100	0.228	-0.206	-0.501
X_{21}	-0.012	0.084	1.000	0.774	0.398	0.323	-0.528	0.477	0.537	0.740	0.344
X_{22}	0.059	-0.031	0.774	1.000	0.504	0.273	-0.528	0.557	0.627	0.801	0.328
X_{31}	0.226	0.156	0.389	0.504	1.000	0.553	-0.830	0.418	0.331	0.315	0.390
X_{32}	-0.295	-0.028	0.323	0.273	0.553	1.000	-0.208	0.130	-0.142	0.257	0.602
X_{33}	0.077	-0.337	-0.528	-0.528	-0.283	-0.208	1.000	-0.035	-0.347	-0.471	0.130
X_{41}	0.161	0.100	0.477	-0.557	0.418	0.130	-0.035	1.000	0.727	0.499	0.280
X_{42}	0.021	0.228	0.537	0.627	0.331	-0.142	-0.347	0.727	1.000	0.498	-0.011
X_{51}	-0.054	-0.206	0.740	0.801	0.315	0.257	-0.471	0.499	0.498	1.000	0.502
X_{52}	-0.195	-0.501	0.344	0.328	0.390	0.602	0.130	0.280	-0.011	0.502	1.000

表 3 方差分解主成分提取分析结果

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差的 /%	累积 /%	总计	方差的 /%	累积 /%	总计	方差的 /%	累积 /%
1	4.362	39.658	39.658	4.362	39.658	39.658	2.856	25.968	25.968
2	2.037	18.515	58.174	2.037	18.515	58.174	2.104	19.123	45.091
3	1.360	12.360	70.533	1.360	12.360	70.533	1.975	17.959	63.050
4	1.203	10.935	81.469	1.203	10.935	81.469	1.710	15.542	78.592
5	0.864	7.850	89.319	0.864	7.850	83.319	1.180	10.727	89.319
6	0.393	3.569	92.888						
7	0.240	2.181	95.069						
8	0.208	1.895	96.964						
9	0.165	1.501	98.466						
10	0.098	0.888	99.354						
11	0.071	0.646	100.000						

表 4 旋转成分矩阵

变量	1	2	3	4	5
X_{11}	-0.025	0.057	-0.067	-0.052	0.980
X_{12}	0.012	0.139	0.073	-0.927	0.021
X_{21}	0.778	0.351	0.235	0.044	-0.019
X_{22}	0.786	0.433	0.211	0.118	0.098
X_{31}	0.242	0.289	0.771	-0.133	0.325
X_{32}	0.167	-0.097	0.905	0.071	-0.255
X_{33}	-0.840	0.131	-0.079	0.422	0.065
X_{41}	0.157	0.914	0.193	0.050	0.109
X_{42}	0.419	0.825	-0.121	-0.190	-0.020
X_{51}	0.790	0.347	0.136	0.359	-0.039
X_{52}	0.129	0.158	0.613	0.680	-0.144

根据表 3 和表 4 分析可知:提取的第 1 个公共因子主成分载荷权重为 25.968%,说明高新技术人员占比、高新技术产业占比等 2 个指标的载荷值相对其他指标较大,故可命名为研发强度因子。第 2 个公共因子主成分载荷权重为 19.123%,说明单位工业增加值电耗量和单位 GDP 主要废气排放量等 2 个指标的载荷值相对其他指标较大,故可命名为工业能耗因子。第 3 个公共因子主成分载荷权重为 17.959%,表明建成区绿化覆盖率、人均公园绿地面积以及高等教育水平等 3 个指标的载荷

值相对其他指标较大, 故可命名为政府支持因子。第 4 个公共因子主成分载荷权重为 15.542%, 表明一般固体废物综合利用率和污水处理效率等 2 个指标的载荷值相对其他指标较大, 故可命名为治理效率因子。第 5 个公共因子主成分载荷权重为 10.727%, 说明工业增加值增长率和规模以上工业企业成本费用利润率这 2 个指标的载荷值相对其

他指标较大, 故可命名为工业增长因子。

以 F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 分别代表研发强度因子、工业能耗因子、政府支持因子、治理效率因子和工业增长因子等 5 个公共因子的主成分, 根据各因子的方差贡献百分比, 采用加权算数平均法, 计算出我国 31 个省市工业绿色发展水平, 其综合得分及排名结果见表 5。

表 5 我国工业绿色发展水平综合评价结果

地区	省(市)	研发强度		工业能耗		政府支持		治理效率		工业增长		综合评价	
		得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
东部地区	浙江	0.15	18	0.10	15	-0.18	23	0.11	18	2.06	2	0.85	1
	上海	0.34	13	-0.49	25	0.27	14	-0.42	25	2.12	1	0.82	2
	江苏	0.19	16	0.16	13	0.63	4	-0.07	19	1.66	3	0.75	3
	北京	0.51	12	1.26	3	0.50	6	-1.14	29	1.42	5	0.73	4
	广东	0.27	15	0.60	8	0.34	12	-0.18	21	1.26	6	0.63	5
	天津	0.69	9	-0.75	27	-0.77	27	0.53	9	1.49	4	0.62	6
	山东	0.12	19	0.71	6	-0.09	21	0.35	13	0.60	8	0.38	8
	福建	0.32	14	0.85	5	0.18	15	-0.68	27	0.15	13	0.16	11
	辽宁	0.04	20	-0.01	16	0.40	10	0.79	4	-0.41	17	-0.04	14
	河北	-0.03	22	0.64	7	-0.05	19	0.21	15	-0.39	16	-0.06	15
海南	-0.14	23	-0.44	24	0.34	11	0.12	17	-0.46	19	-0.22	18	
中部地区	安徽	0.60	11	0.30	12	0.42	8	0.96	2	0.49	9	0.48	7
	湖南	0.88	5	-0.32	21	0.12	17	0.76	5	0.36	10	0.36	9
	湖北	0.89	4	-0.51	26	-0.24	24	0.40	11	-0.07	14	0.10	12
	河南	0.93	3	-0.33	22	0.12	16	0.51	10	-0.55	21	-0.02	13
	山西	-0.72	26	0.51	9	2.79	1	0.72	6	-1.03	28	-0.18	16
	吉林	0.84	7	-0.86	28	-0.66	26	0.68	8	-0.73	22	-0.22	17
	江西	0.96	2	1.36	2	0.45	7	-0.33	23	-1.49	31	-0.25	20
	黑龙江	0.17	17	-0.44	23	-1.37	28	0.71	7	-0.77	25	-0.36	24
西部地区	内蒙古	-1.24	28	2.34	1	-3.11	31	-1.80	30	-0.44	18	-0.55	30
	重庆	0.75	8	0.13	14	0.06	18	0.23	14	0.26	11	0.29	10
	宁夏	-3.23	31	1.25	4	0.30	13	0.91	3	0.20	12	-0.24	19
	四川	0.67	10	-0.20	20	-0.11	22	-0.45	26	-0.74	23	-0.25	21
	云南	0.00	21	-0.16	19	-0.08	20	-0.09	20	-0.74	24	-0.33	22
	新疆	-1.79	29	0.43	10	1.36	2	-0.35	24	-0.33	15	-0.34	23
	陕西	1.01	1	0.35	11	0.41	9	-0.99	28	-1.34	30	-0.38	25
	广西	0.86	6	-0.01	17	-1.62	30	0.17	16	-1.09	29	-0.38	26
	贵州	-0.55	25	-0.16	18	0.62	5	-0.27	22	-0.77	26	-0.41	27
	青海	-2.18	30	-2.30	30	-1.42	29	0.38	12	0.69	7	-0.48	28
	甘肃	-0.78	27	-1.30	29	-0.44	25	1.96	1	-0.94	27	-0.50	29
	西藏	-0.53	24	-2.71	31	0.83	3	-3.73	31	-0.46	20	-0.96	31

由表 5 可知, 我国工业绿色发展总体水平不高。在全国 31 个省市中, 仅有浙江、上海、江苏、北京、广东、天津、安徽、山东、湖南、重庆、福建、湖北等 12 个省市的工业绿色发展综合因子得分大于 0, 而其余 19 个省市的综合得分为负。此外, 我国东部、中部、西部(东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南等 11 个省市, 中部地区包括山西、吉

林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南等 8 个省市, 西部地区包括四川、重庆、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广西、内蒙古等 12 个省市)三大地区工业绿色发展水平存在明显空间异质性。其中, 东部地区工业绿色发展水平相对较高。综合得分排名全国前 10 的省市有 7 个省市位于东部地区, 并且东部地区当中, 浙江和上海的工业绿色发展水平优势较明显, 因

子得分都超过了0.8。中部地区工业绿色发展水平内部差异较大,中部地区超过半数的省市综合得分小于0,仅有安徽、湖南、湖北三省综合得分大于0。西部地区工业绿色发展水平总体落后于东中部,仅有重庆的因子综合得分为正,余下11个省市综合得分都小于0,综合得分排名后10的省市中有9个位于西部地区。

四 我国工业绿色发展水平聚类分析

为深入研究我国省域工业绿色发展的空间异质性,基于工业绿色发展水平综合评价指标数据,运用层次聚类模型,将我国各地区按照工业绿色发展水平划分为工业绿色发展水平较高地区、一般地区、较低地区3种类型,结果如表6所示。

表6 我国工业绿色发展水平分类

类型	地 区
较高地区	上海、江苏、浙江、北京、广东、天津
一般地区	安徽、山东、湖南、湖北、福建、重庆、河南、辽宁、吉林、河北、山西
较低地区	海南、江西、陕西、四川、西藏、青海、宁夏、云南、广西、甘肃、新疆、黑龙江、贵州、内蒙古

由表6可知,我国工业绿色发展水平较高地区为上海、江苏、浙江、北京、广东和天津等6个省市,综合因子得分排名也高居前列,分别位居第2、3、1、4、5、6位。这6个省市区位优势明显,经济基础相对较好,政府和企业对绿色发展的重视程度高、支持力度大,因此其工业绿色化水平位居全国前列。上海作为全国首批改革开放的沿海城市,具有良好的工业基础、明显的区位优势、先行先试的政策支持,这些优势推动着其工业从“制造”向“智造”转型升级。江苏从20世纪90年代确立可持续发展战略,到作出建设生态省的重大决策,从“靠政府”治理到实施排污权有偿交易和使用制度,其始终坚持工业绿色发展理念,走在推动工业高质量发展的前列。近年来,浙江始终坚持生态立省、绿色富省理念,淘汰落后产能,减少环境污染,建设美丽浙江,在全面推进创新发展、加快工业转型升级、完善区域创新体系和创新平台布局等方面成效显著。北京长期以来秉承着“生态优先、绿色发展”的战略目标,在以环境保护和生态治理为主的绿色可持续化工业发展方面进行了创新性探索,因此,其工业绿色发展水平综合得分为0.73,在全国排名第4位。北京工业企业将清洁化、集约化理念综合运用到全工艺流程生产中,其研发强度、工业能耗、政府支持以及工业增长因子得分排名分别为第12、3、6、5位;但其治理效率因子得分仅排在第29位,反映出北京在针对排放不规范企业整治和污染联防联控等方面的效率不高。因此,北京未来还应加大对污染排放不合格工业企业的处罚力度,对不符合绿色可持续发展标准的企业

实行严格的落后淘汰机制。广东将“绿色发展,联动创新”作为行动标杆,不断深化企业在工业绿色发展中的主体地位,加大绿色改造,淘汰落后产能。此外,广东始终把清洁生产共性技术的研发和推广作为重要任务,其工业能耗、政府支持、工业增长3项公共因子得分分别排在第8、12、6位;但其科技研发强度和污染治理效率2项因子得分排名仅为第15、21位,说明广东在绿色科技研发与污染治理方面仍存在一定的不足。

工业绿色发展水平一般地区为安徽、山东、湖南、湖北、福建、重庆、河南、辽宁、吉林、河北和山西等11个省市。安徽的工业增长、研发强度、政府支持、工业能耗和治理效率等5个因子得分排名分别位居第9、11、8、12和2位。安徽工业绿色发展水平综合得分在全国处于中上游,表明其工业经济稳步增长,新型科技产品研发进程加快,科研创新能力明显提高,统筹全省产业结构向绿色工业转型的规划成效显著,在工业节能减排和污染处理方面也取得明显成效。山东工业增长因子、工业能耗因子和污染治理效率因子得分分别位居第8、6和13位,但研发强度和政府支持因子得分不高。山东工业增长因子得分排名位居第8位,反映出工业对山东经济增长具有较为明显的带动效应。山东省政府对工业绿色化支持力度较大,在降低工业能耗和废气排放方面取得显著成效,从工业增加值和创新能力两个方面均可以明显看出山东工业绿色发展进程呈现良好的态势,但是治理效率因子得分排名不高。因此,山东要加大对工业企业排污的监管强度以及努力提高污染物的治理效率,鼓励全省工业走绿色化

发展道路, 取缔高能耗高污染的传统型工业企业, 这样才能有效提升工业绿色发展水平。湖南的综合因子得分为 0.36, 排名全国第 9 位, 表明湖南的工业绿色发展态势较好。其中, 湖南的研发强度、治理效率、工业增长因子得分排名分别为第 5、5、10 位, 但工业能耗和政府支持 2 项因子得分排名相对不高, 表明传统重化工企业占比高、能源产业结构欠优化等问题依然制约着湖南工业绿色化发展。辽宁工业增长、研发强度、政府支持、工业能耗和治理效率等 5 个因子得分排名分别位居第 17、20、10、16 和 4 位。近年来, 辽宁地区 GDP 的增速有所下降, 但总体上工业经济正努力向高质量发展迈进, 工业绿色发展水平处于全国中等水平。

工业绿色发展水平较低地区为海南、江西、陕西、四川、西藏、青海、宁夏、云南、广西、甘肃、新疆、黑龙江、贵州和内蒙古等 14 个省市。整体上看, 这些地区的工业增长、研发强度、政府支持、工业能耗和治理效率等因子得分均不高, 综合因子得分均为负值, 工业绿色化发展处于较低水平, 相较于前两类地区存在着一定差距。其中, 四川工业增长、研发强度、政府支持、工业能耗、治理效率 5 项因子得分排名分别为第 23、10、22、20 和 26 位, 工业增长和治理效率因子得分较低。四川地处内陆, 其工业发展基础较为薄弱, 地形复杂致使其交通运输较为不便, 优秀人才引进和先进工业企业引入存在较大困难, 工业绿色化进程还有待进一步推进。宁夏的工业能耗、治理效率因子得分排名分别为第 4、3 位, 在工业节能节水、固体废物综合利用、清洁生产改造方面取得了一定成就。宁夏地处中国西北部, 在绿色工业人才吸引、企业引进等方面存在严重不足, 研发强度因子得分排名为第 31 位。黑龙江综合因子排名位居第 24 位, 治理效率因子排名得分位居第 7 位, 但其他因子排名较低, “一带一路”建设、“中蒙俄经济”建设为黑龙江推动工业绿色高质量发展带来了新机遇。内蒙古的研发强度、政府支持、治理效率、工业增长等公共因子得分排名分别为 28、31、30、18 位, 在全国排名均相对靠后, 说明内蒙古在工业绿色发展方面仍存在不平衡不充分等较为突出的问题。因此, 未来内蒙古应积极承接黄河中下游地区的转移产业, 加快转变农

牧生产经营方式, 积极构建绿色低碳循环经济体系, 推进资源型产业绿色转型。

五 结论与政策建议

本文从工业增长水平、工业研发强度、政府支持力度、工业能耗水平和污染治理效率等 5 个维度选取 11 个指标, 构建我国工业绿色发展水平综合评价指标体系, 采用因子分析模型综合评价我国 31 个省市(港、澳、台除外)工业绿色发展水平。研究表明, 我国工业绿色发展总体水平不高, 有 19 个省市的工业绿色发展水平综合因子得分小于 0。东、中、西部工业绿色发展水平存在较强的空间异质性。总体上, 东部地区省市的工业绿色发展水平相对较高, 中部地区省市次之, 西部地区省市相对较低。进一步采用聚类分析, 将我国各省市划分为较高、一般、较低三类地区。其中, 上海、江苏、浙江、北京、广东和天津等 6 省市可划分为较高地区, 安徽、山东、湖南、湖北、福建、重庆、河南、辽宁、吉林、河北和山西等 11 个省市可划分为一般地区, 其余 14 个省市可划分为较低地区。

为提升我国工业绿色发展水平, 提出以下政策建议: 一是促进产业结构优化调整, 打造工业产业分布集群。强调企业在发展新兴战略产业与优化升级产业结构的重要地位, 积极推进政策引导方向和政府支持力度等体制机制改革, 重点培育高端装备、人工智能、新材料、新能源、节能环保等新兴战略产业。完善区域交通运输网络, 促进资源、劳动力、资本、人才等重要生产要素流动畅通, 实现各类要素多维度集聚, 打造中国战略新兴产业分布集群, 促使清洁化、集约化、绿色化的工业产业成为引领我国各区域经济高质量发展的先导产业和支柱产业。二是推进生产过程清洁化, 提高清洁能源利用效率。以重点污染物削减和资源高效利用为重点, 加大清洁生产的推行力度。推动实施工业领域能源清洁高效利用行动计划, 以工业锅炉和工业炉窑为重点, 提高工业领域能源清洁高效利用, 提升清洁能源供给能力。三是发展工业绿色设计, 实现产业结构的优化调整。完善工业绿色设计, 培养绿色工业产品设计意识, 积极强化工业企业对于产品绿色设计方面的创造力和执行力, 引导企业通过绿色设

计实现工业生产流程的节约化、清洁化、无害化,进而培育出一批拥有创新研发、绿色设计、清洁生产等核心竞争力的工业龙头企业。四是加快构建绿色工业体系,增强工业可持续发展能力。强化产品全生命周期的智能管理,引导工业企业按照能源消耗低、环境影响小、可再生率大等可持续发展原则开发绿色产品;引领企业按厂房集约化、生产洁净化、能源低碳化建设绿色工厂;以企业集聚化发展、产业省体连接为重点,发展绿色园区;企业以绿色供应链为标准和生产者责任延伸制度为支撑,打造绿色供应链,进而全面推进绿色工业体系建设。加大中部、西部工业网络建设力度,牢牢把握互联网+时代和工业绿色发展的历史机遇,通过增强能源消耗、要素供给、资源利用等智能化管理效能,共享生产的能源资源和要素资源,通过分享经济发展模式,挖掘要素与数据的巨大潜力,促进工业向绿色化数字化转型升级。要之,工业绿色化进程要坚持以人为本、和谐发展的互融理念,深入优化工业绿色发展,促进人与自然和谐共赢。

参考文献:

- [1] SAYGILI H, GÜZEL F. Performance of New Mesoporous Carbon Sorbent Prepared from Grape Industrial Processing Wastes for Malachite Green and Congo Red Removal[J]. *Chemical Engineering Research and Design*, 2015, 100: 27-38.
- [2] YAN Z Z, CHEN Q L, ZHANG Y J, et al. Antibiotic Resistance in Urban Green Spaces Mirrors the Pattern of Industrial Distribution[J]. *Environment International*, 2019, 132: 105-106.
- [3] 李小平. 新疆工业绿色转型升级面临的挑战及对策建议[J]. *新疆师范大学学报(哲学社会科学版)*, 2018, 39(5): 137-144.
- [4] HOU D Y, LI G Y, CHEN D J, et al. Evaluation and Analysis on the Green Development of China's Industrial Parks Using the Long-Tail Effect Model[J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 248: 109-288.
- [5] 李俊杰, 景一佳. 基于SBM-GIS的绿色发展效率评价及时空分异研究: 以中原城市群为例[J]. *生态经济*, 2019, 35(9): 94-101.
- [6] 邓慧慧, 杨露鑫. 雾霾治理、地方竞争与工业绿色转型[J]. *中国工业经济*, 2019(10): 118-136.
- [7] 朱光福, 周超. 新型城镇化与工业绿色化耦合协调分析: 以长江经济带为例[J]. *重庆工商大学学报(社会科学版)*, 2020(1): 1-14.
- [8] 陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008)[J]. *经济研究*, 2010, 45(11): 21-34.
- [9] 续文文. 供给侧改革视角下江苏省工业碳脱钩效应研究[J]. *中国集体经济*, 2019(28): 35-36.
- [10] 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(1): 1-13.
- [11] 陈晓雪, 徐楠楠. 长江经济带绿色发展水平测度与时空演化研究: 基于11省市2007—2017年数据[J]. *河海大学学报(哲学社会科学版)*, 2019, 21(6): 100-108.
- [12] 李健, 孙康宁. 基于系统动力学的京津冀工业绿色发展路径研究[J]. *软科学*, 2018, 32(11): 113-119.
- [13] 胡立和, 商勇, 王欢芳. 长江经济带工业科技创新效率变化的实证分析[J]. *湖南工业大学学报(社会科学版)*, 2019, 24(4): 80-86.
- [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.
- [15] 张永凯, 崔佳新. 山东省城市工业绿色发展水平评价[J]. *兰州财经大学学报*, 2019, 35(1): 33-41.
- [16] 陈旭彤. 绿色投资与工业废水治理的实证研究[D]. 济南: 山东大学经济学院, 2019.

责任编辑: 徐海燕