

中国省域绿色创新绩效的时空差异研究

杨 美

武汉工程大学管理学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年1月30日; 录用日期: 2022年2月13日; 发布日期: 2022年2月28日

摘 要

绿色创新作为“创新驱动”与“绿色发展”的融合点, 是推动中国经济可持续发展的重要动力。研究从经济、环境、社会三个维度构建绿色创新绩效评价体系, 基于熵权法的评价模型, 测度出2009~2019年中国30个省的绿色创新绩效, 并在此基础上展开分析。研究发现, 从三大区域情况看, 中国省域绿色创新绩效具有显著的地区差异, 东部地区创新绩效最高, 中部地区次之, 西部地区最差; 从分省的情况看, 江苏省绿色创新绩效最高, 青海最差, 两者差距显著。

关键词

绿色创新绩效, 熵权法, 地区差异

Research on Temporal and Spatial Differences of Provincial Green Innovation Performance in China

Mei Yang

School of Management, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei

Received: Jan. 30th, 2022; accepted: Feb. 13th, 2022; published: Feb. 28th, 2022

Abstract

As the integration point of “innovation drive” and “green development”, green innovation is an important driving force to promote China’s sustainable economic development. The research constructs a green innovation performance evaluation system from the three dimensions of economy, environment and society. Based on the evaluation model of entropy weight method, the green innovation performance of 30 provinces in China from 2009 to 2019 is measured and analyzed. It is

found that from the perspective of the three regions, there are significant regional differences in China's provincial green innovation performance. The innovation performance of the eastern region is the highest, the central region is the second, and the western region is the worst; from the perspective of provinces, Jiangsu Province has the highest green innovation performance and Qinghai is the worst, with a significant gap between the two.

Keywords

Green Innovation Performance, Entropy Weight Method, Regional Differences

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

改革开放 40 年来,我国经济高速发展有目共睹,但同时也为此付出了大量能源消耗及引发了一系列生态环境问题。早在 2015 年十八届五中全会中,习近平总书记提出了“创新、协调、开放、绿色、共享”的五大发展理念,把绿色与创新摆在了重要位置。2017 年,在党的十九大报告中提出“加快生态文明体制改革,建设美丽中国”,并进一步强调了生态保护、绿色发展的重要性。绿色创新作为保护生态环境,降低资源消耗、促进绿色发展的有效路径,其日益受到国家和社会的关注。而综合评价绿色创新绩效,准确把握我国省域绿色创新绩效的演化规律,对中国政府制定绿色创新政策,提高绿色创新绩效,促进绿色发展具有重要的理论和现实意义。

2. 文献综述

绿色创新绩效受到了国内外学者的广泛关注,具有丰硕的研究成果,但对于地区差异的研究尚待进一步深入。从绿色创新绩效的评价来看,学术界大致分为单一指标测度和多指标构建的综合指标体系测度。首先,在单一指标测度中,大多采用专利申请量和污染排放量作为衡量绿色创新绩效的指标。比如 Carrion-Flores 和 Innes (2010)利用有毒气体排放量作为指标衡量了美国制造业企业绿色创新的环境绩效[1]。而徐建忠等(2019)采用专利申请为衡量指标研究了地区创新能力[2]。其次,在多指标的测量中,最常见的方法是从投入产出角度构建多指标综合评价体系,投入指标大多分为人才、资金、技术三个方面,产出指标则是指绿色创新对于环境、知识产出、经济等方面产生的直接或间接的影响。比如经济上包括新产品销售收入、专利申请数以及高技术产业产值等[3]。考虑到绿色创新尤为注重创新行为对环境的影响,一些学者在投入和产出指标上加入了衡量环境的指标共同构成了绿色创新绩效的综合评价指标体系[4]。此外,也有部分学者从创新对象角度,把绿色创新绩效分为绿色产品创新和绿色过程创新,比如管亚梅等(2019)认为绿色创新绩效是包括根据环境创新设计无毒或绿色产品的产品创新和在产品生产过程中降低污染、减少能耗、循环使用的过程创新[5]。而 Tseng (2013)等从管理创新、工艺创新、产品创新、技术创新四个方面建立综合指标体系评价绿色创新绩效[6]。

综上所述,虽然现有研究从不同方面构建指标评价绿色创新绩效,但大多集中于投入产出角度,少有从经济、环境、社会三个方面构建综合指标体系进行评价。因此,本研究利用熵权法从经济、环境、社会三个维度测量出中国省域绿色创新绩效的综合值,根据测算出的综合值探究出中国省域绿色创新绩效的空间演化规律,并进一步分析其演化原因,为政府制定绿色创新政策提供现实依据。

3. 研究设计

3.1. 评价指标选取

绿色创新就其研究本质来说，它是研究自然环境与经济、社会之间物质、能量循环和转换的关系，通过提高资源能源使用效率，促进经济可持续发展，增强生态环境保护以及推动社会进步和发展。可见，绿色创新要求在创新的各个环节中，节约资源、防止污染、保护环境，并促进经济、社会 and 环境的协调发展[7]。基于此，本研究从经济、环境、社会三个维度衡量绿色创新绩效[8]，具体测量指标见表1。

1) 经济绩效。无论何种创新活动，最终目的都是为了赢得利润，因此，在绿色创新绩效的衡量中必须包括经济绩效。一方面，绿色创新活动的兴起能使企业为减少对环境的副作用而进行绿色生产并实现产品的绿色创新，促进绿色专利申请量的提升，进而增加绿色创新成果，而对绿色创新成果的广泛传播、应用又会直接促进经济增长；另一方面，绿色创新因其兼顾“绿色”和“创新”，能够促进产业结构的优化和升级。因此，选择“绿色专利申请量”、“技术市场成交额”、“新产品销售收入”、“人均GDP”、“高技术产业营业收入”、“第三产业增加值占GDP比重”和“全社会劳动生产率”等指标衡量经济绩效。

2) 社会绩效。绿色创新的社会绩效表现为通过绿色创新活动能有效改善人们的生活环境。研究选用“R&D 人员全时当量”来衡量绿色创新人才培养状况，用“每万人拥有公共交通工具”、“人均公园绿地面积”、“建成区绿化覆盖率”这3个与人们日常生活息息相关的绿色指标对绿色空间水平进行测评。

3) 环境绩效。绿色创新除具有传统创新研发溢出的外部性特征之外，还存在生态环境的正外部性，即通过绿色创新可以实现污染物排放量减少和资源、能源消耗量降低，减轻生产活动对环境的压力。因此，绿色创新的外部环境绩效构成了绿色创新绩效的重要内容。通过梳理现有文献，选择“污水处理厂集中处理率”、“生活垃圾无害化处理率”、“万元 GDP 能耗”、“环境污染治理投资占总产值比重”、“工业废气治理设施处理能力”等指标衡量环境绩效。

Table 1. Green innovation performance index system

表 1. 绿色创新绩效指标体系

目标层	准则层	指标层
绿色创新绩效	经济绩效	绿色专利申请量
		新产品销售收入
		技术市场成交额
		第三产业增加值占 GDP 比重
		高技术产业营业收入
		人均 GDP
		全社会劳动生产率
	社会绩效	R&D 人员全时当量
		人均公园绿地面积
		每万人拥有公共交通工具
		建成区绿化覆盖率
	生态绩效	万元 GDP 能耗
		污水处理厂集中处理率
		环境污染治理投资占 GDP 比重
		生活垃圾无害化处理率
		工业废气治理设施处理能力

3.2. 评价模型构建

为避免人为主观赋值导致的主观性选择偏差，客观反映各评价指标在综合评价指标体系当中的重要性，本研究选用熵权法测度绿色创新绩效。具体步骤如下：

第一，数据标准化处理。由于存在着不同类型的评价指标，其计量单位不同，在进行综合评价之前需要对指标进行标准化处理，处理公式为：

正向指标：

$$D_{ij} = (X_{ij} - \min_j) / (\text{Max}_j - \min_j)$$

负向指标：

$$D_{ij} = (\text{Max}_j - X_{ij}) / (\text{Max}_j - \min_j)$$

式中 x_{ij} 为第 i 个被测度对象的第 j 个指标实际数据， \min_j 和 Max_j 分别代表 x_{ij} 的最小值和最大值， D_{ij} 是 x_{ij} 在进行无量纲化处理后的得分。

第二，计算个评价指标的熵值。

$$e_j = -q \sum_{i=1}^m H_{ij} \text{Ln}(H_{ij})$$

式中 $H_{ij} = D_{ij} / \left(\sum_{i=1}^m D_{ij} \right)$ ， $q = 1 / \text{Ln}(m)$ ， $0 \leq e_j \leq 1$ 。 m 为研究对象个数。

第三，根据指标 x_j 的差异系数确定指标权重。

差异系数： $g_j = 1 - e_j$

权重： $W_j = g_j / \sum_{j=1}^n g_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$

最后，根据计算的权重 W_j ，利用线性综合加权法确定绿色创新绩效的综合值：

$$\text{Gin}_i = \sum_{j=1}^m W_j D_{ij}$$

其中， Gin_i 表示第 i 个被评价对象的综合值。

4. 测度结果及分析

根据熵权法测度绿色创新绩效的具体结果见表 2。表 2 依据地域把 11 省市划分为东部(上海、江苏、浙江、广东、北京、山东、河北、天津、辽宁、福建、海南)、中部(安徽、江西、湖北、湖南、山西、河南、内蒙古、黑龙江、广西、吉林)和西部(重庆、四川、贵州、云南、陕西、新疆、宁夏、甘肃、青海)三个区域。表中根据均值已从高到低排序。从三大区域间情况看，2009~2019 年之间东部地区绿色创新绩效整体发展趋势较好、中部地区其次、西部地区最差，东西部地区之间绿色创新绩效均值相差 0.158，高于东中部与中西部间的差距；从各省的情况看，2009~2019 年间，江苏省的绿色创新绩效均值最高，而青海省的绿色创新绩效均值最低，两者相差 0.452，说明中国省域绿色创新绩效差异显著。其中，排在江苏省后的是广东和北京，浙江、山东也紧随其后。根据创新路径依赖理论，广东、北京、浙江等经济都处于全国领先地位，拥有丰富的资金、足够的人才及良好的地理位置等优势的支持，更能借助以往创新经验获得绿色创新的成功。

在排名前 10 名的省份当中，除安徽、湖北外，其它均是东部经济发达地区，借助坚实的经济基础和创新能力和较高的自主创新能力，这些地区能够先一步的进行绿色创新，并在不断获取经验中提升绿色创新绩效。安徽省作为中部地区省市跃居第四，应是与安徽省长期以来把创新驱动发展作为核心战略摆在重要

Table 2. Measurement results of provincial green innovation performance in China
表 2. 中国省域绿色创新绩效测度结果

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	均值
江苏	0.205	0.249	0.300	0.348	0.401	0.435	0.465	0.643	0.765	0.767	0.898	0.498
广东	0.204	0.252	0.298	0.335	0.370	0.387	0.428	0.478	0.540	0.614	0.699	0.419
北京	0.240	0.253	0.273	0.315	0.366	0.402	0.396	0.444	0.484	0.499	0.536	0.383
安徽	0.116	0.151	0.204	0.240	0.282	0.297	0.322	0.497	0.533	0.604	0.723	0.361
浙江	0.144	0.170	0.186	0.219	0.235	0.258	0.296	0.334	0.464	0.527	0.587	0.311
山东	0.144	0.167	0.222	0.238	0.260	0.280	0.300	0.333	0.360	0.350	0.330	0.271
上海	0.203	0.204	0.216	0.227	0.237	0.252	0.262	0.283	0.301	0.329	0.364	0.262
河北	0.099	0.128	0.151	0.152	0.157	0.156	0.164	0.283	0.432	0.412	0.450	0.235
湖北	0.092	0.097	0.120	0.138	0.154	0.177	0.191	0.226	0.392	0.451	0.503	0.231
天津	0.118	0.124	0.155	0.171	0.193	0.212	0.210	0.215	0.216	0.241	0.230	0.189
重庆	0.087	0.094	0.119	0.123	0.134	0.142	0.164	0.181	0.322	0.340	0.360	0.188
辽宁	0.095	0.104	0.130	0.162	0.144	0.148	0.160	0.187	0.248	0.310	0.346	0.185
山西	0.071	0.081	0.092	0.100	0.118	0.109	0.110	0.155	0.384	0.384	0.398	0.182
江西	0.055	0.079	0.098	0.114	0.103	0.103	0.116	0.166	0.255	0.312	0.404	0.164
四川	0.063	0.071	0.090	0.109	0.125	0.143	0.153	0.182	0.224	0.297	0.338	0.163
河南	0.063	0.074	0.089	0.100	0.125	0.137	0.150	0.166	0.194	0.192	0.213	0.137
福建	0.073	0.092	0.107	0.117	0.123	0.125	0.141	0.152	0.172	0.189	0.208	0.136
湖南	0.058	0.063	0.076	0.096	0.109	0.120	0.157	0.180	0.185	0.199	0.248	0.136
内蒙古	0.073	0.091	0.112	0.123	0.129	0.146	0.151	0.146	0.150	0.153	0.152	0.130
陕西	0.060	0.074	0.090	0.105	0.121	0.134	0.137	0.152	0.162	0.174	0.191	0.127
云南	0.043	0.049	0.054	0.064	0.069	0.078	0.083	0.093	0.257	0.273	0.283	0.122
新疆	0.052	0.049	0.070	0.096	0.112	0.126	0.110	0.119	0.123	0.136	0.132	0.102
黑龙江	0.045	0.055	0.064	0.076	0.089	0.083	0.101	0.140	0.142	0.144	0.137	0.098
宁夏	0.043	0.065	0.077	0.078	0.101	0.102	0.105	0.113	0.112	0.112	0.131	0.094
贵州	0.009	0.031	0.049	0.052	0.07	0.089	0.087	0.090	0.151	0.162	0.176	0.088
广西	0.051	0.050	0.069	0.076	0.080	0.087	0.095	0.109	0.109	0.117	0.123	0.088
吉林	0.046	0.059	0.061	0.065	0.064	0.073	0.084	0.088	0.100	0.110	0.116	0.079
甘肃	0.014	0.019	0.024	0.053	0.060	0.069	0.065	0.071	0.075	0.082	0.094	0.057
海南	0.030	0.036	0.051	0.064	0.054	0.053	0.053	0.059	0.075	0.070	0.078	0.057
青海	0.015	0.026	0.039	0.038	0.040	0.045	0.051	0.052	0.064	0.070	0.069	0.046
东部	0.141	0.162	0.190	0.214	0.231	0.246	0.261	0.310	0.369	0.392	0.430	0.268
中部	0.067	0.080	0.098	0.113	0.125	0.133	0.148	0.187	0.244	0.267	0.302	0.160
西部	0.043	0.053	0.068	0.080	0.092	0.103	0.106	0.117	0.166	0.183	0.197	0.110

位置,推动“四个一”创新主平台和“一室一中心”建设有关。而湖北省高校林立、科技产业发达,先进制造业基础雄厚,在发展绿色创新方面具有地缘优势。排名在中间的10个省份中,重庆、江西等属于经济欠发达地区,根据后发优势理论和跨越式发展理论,一个较为落后的国家或地区有可能借助于先发达国家或地区的资金、技术和经验等,在较短时间内实现跨越式发展甚至赶超先发达国家或地区,此种理论同样适用实现绿色创新绩效的增长上。虽离东部发达省市仍有差距,但重庆、江西等地区的绿色创新绩效增长率在不断的加快。未能实现赶超可能是中部地区承接了东部地区大部分产业转移,降低了环境绩效。在排名最后10名的省市中,云南、新疆、贵州(除吉林)等属于工业落后地区,较低的经济水平制约了绿色创新活动开展的积极性,而较低的绿色创新自主性也进一步限制了绿色创新绩效的提升。吉林属于老工业基地,由于前期对生产工艺和设备投入较大,致使在对现有工艺和设备进行绿色改进或替代时需要更多成本,从而缺乏对绿色创新活动足够的支持和激励,不利于绿色创新绩效的提升。

5. 结论与建议

本研究在构建绿色创新绩效评价指标体系的基础之上运用熵权法对中国省域2009~2019年的绿色创新绩效进行了实证评价,比较了中国绿色创新绩效的地区差异,并分析了差异的基本原因。形成以下主要结论和对策:

1) 要增强对绿色技术创新的引进力度,不断提高绿色技术对中国整体的绿色创新绩效提升的促进作用。首先,对绿色技术引进要放松限制,大开绿灯,各地政府应当对当地企业引进绿色技术给予支持和鼓励,并在政策和税收上对绿色技术的引进提供优惠;其次,各地政府应抓紧宏观调控,借鉴对绿色技术评价及结果分析,结合当地经济发展水平和发展重点,拟定详尽的绿色技术引进目录和严格的审批制度,尤其对引进技术的环保指标、经济指标等条件着重考察,做到有的放矢,最大限度地节省资源、保护环境、提高经济发展质量;再者,重视引进技术的消化吸收,政府可增加经费投入助力企业的消化吸收,提高企业利用绿色技术进行持续性绿色创新的能力,实现从最开始的绿色技术引进到最后的自主绿色创新的动态演进。由此,提高中国整体的绿色创新绩效。

2) 中国省域绿色创新绩效存在显著的地区差异,东部地区绿色创新绩效较好,中部地区次之,西部地区最差;东西部间绿色创新绩效差异最大,东中部间差异最小。这要求增加中西部地区的绿色创新投入,提高中西部地区资金、人力、技术的投入力度,缩小东中西部地区之间的绿色创新能力差距。具体的,一方面可以通过税收优惠或财政补贴等,激励企业投入绿色创新;另一方面,可以通过不断完善融资环境,拓宽绿色创新活动的融资渠道,加强金融制度对绿色创新活动的支持作用。同时,开展跨区域合作,各地区之间的优势互补、资源共享有利于促进要素流动,为绿色创新活动提供足够的创新资源,增强绿色创新能力,进而提高绿色创新绩效。

3) 江苏、广东、北京等经济发达的地区,绿色创新绩效较高;重庆、江西等经济欠发达地区经济基础薄弱,不利于绿色创新绩效的提升;云南、新疆、贵州等经济不发达地区,绿色创新绩效低并增长缓慢。针对此现象,在采取方针政策促进各地区绿色创新绩效时,应充分考虑各省域间的差异,做到因地制宜,有针对性地采取激励措施。提高绿色创新绩效。

基金项目

武汉工程大学第十三届研究生教育创新基金资助项目:中国省域绿色创新绩效时空差异研究(项目编号CX2021216)。

参考文献

[1] Carrion-Flores, C.E. and Innes, R. (2010) Environmental Innovation and Environmental Performance. *Journal of En-*

Environmental Economics and Management, **59**, 27-42. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2009.05.003>

- [2] 徐建中, 王曼曼. 制造业集聚、技术进步与绿色创新绩效——对我国省际面板数据的实证分析[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(12): 54-61.
- [3] 吴以, 张浩, 杨夏妮. 省域绿色创新、组织冗余对企业绩效的影响研究——基于中国制造业上市公司的经验分析[J]. 生态经济, 2019, 35(10): 66-73+129.
- [4] 付帼, 卢小丽, 武春友. 中国省域绿色创新空间格局演化研究[J]. 中国软科学, 2016(7): 89-99.
- [5] 管亚梅, 陆静娇. 利益相关者压力、企业环境伦理与绿色创新绩效的关系研究[J]. 江苏社会科学, 2019(3): 67-75.
- [6] Tseng, M.L., Wang, R., Chiu, A.S.F., Geng, Y. and Lin, Y.H. (2013) Improving Performance of Green Innovation Practices under Uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, **40**, 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.009>
- [7] 孙丽文, 陈继琳. 基于经济-环境-社会协调发展的绿色创新绩效评价——以环渤海经济带为例[J]. 科技管理研究, 2018, 38(8): 87-93.
- [8] 毕克新, 杨朝均, 黄平. 中国绿色工艺创新绩效的地区差异及影响因素研究[J]. 中国工业经济, 2013(10): 57-69.