

生态文明可持续发展效率及其区域动态差异

——基于 31 个省份的面板数据

孙钰^{1,2} 苗世青¹ 梁一灿¹¹

(1. 天津商业大学 公共管理学院, 天津 300134;

2. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

【摘要】: 以 31 个省份为样本, 选取评价指标, 构建生态文明可持续发展效率的动态和静态分析模型, 综合评价各区域的生态文明可持续发展效率与区域差异, 实证检验我国生态文明的效率水平。研究表明: 我国生态文明可持续发展效率未达到最优状态, 2011—2017 年生态文明可持续发展资源配置效率以年均 0.03% 的速率下降; 在四个区域的排名上, 生态文明可持续发展效率较高的省份主要分布在东北和东部地区, 中部和西部地区相对靠后, 各区域内部的省份之间差异明显; 在区域动态变动趋势上, 西部地区生态文明可持续发展效率的提升空间和后发潜力最大, 东部和东北地区上升趋势较弱, 中部地区整体呈下降态势。

【关键词】: 生态文明 可持续发展 动态差异

【中图分类号】: F062.2; X196 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)01-212-08

1 文献回顾与问题的提出

可持续发展是建立在人口、资源、环境、社会、经济等方面相互协调和共同发展基础上的一种既能满足当下需求又不对未来构成危害的发展, 是全人类共同追求的发展目标^[1]。根据国际生态学联合会 (INTECOL)、国际生物科学联合会 (IUBS)、世界自然保护联盟 (IUCN) 和联合国环境规划署 (UNEP) 等对可持续发展做出的定义^[2], 无论是侧重于自然环境方面, 还是侧重于社会、经济、科技等方面的定义^[3], 都明确指出不超越自然生态环境、保护和加强生态环境系统的生产更新能力, 可见生态文明在可持续发展中占据十分重要的地位。提高生态文明发展水平的核心在于提高其资源配置效率, 推动实现可持续发展的目标。

很多学者研究了生态效益与经济增长的内在联系^[4-9]、生态文明可持续发展双向演进的作用机理^[10]以及生态文明可持续发展的效率和水平^[11-13], 构建了生态文明可持续发展的评价指标与测度模型^[14-15], 表明生态文明的可持续发展对于推动经济社会发展至关重要。在生态文明可持续发展效率测算的研究中, 目前多采用超效率 DEA 模型或非期望产出的数据包络 SBM 的研究方法^[16-18]。韩永辉^[19]首次将 Bootstrap-DEA 模型运用到与生态相关的效率测算中, 使生态效率的测算更为准确。现有成果还有从单一的资源要素展开研究, 如对水资源环境^[20-22]、土地资源^[23]、大气环境^[24-26]和能源消耗^[27]等的可持续发展演变评价, 以及对河南省^[28]、辽宁省^[29]、北京市^[30]及不同规模城市和资源型城市^[31-33]等的生态文明可持续发展效率及能力的评价。

作者简介: 孙钰, 博士, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为区域公共基础设施利用与管理效率。E-mail: sunyuyao@163.com

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“城市公共基础设施利用效益研究”(NSF71273186); 2019 年天津市哲学社会科学规划资助重点项目“京津冀生态文明与城市化耦合协调发展的时空演进研究”(TJYY19XSX-018)

综合已有的研究,发现尚在如下两个方面比较薄弱:一是在指标方面,生态文明与社会发展、环境支持的互动指标研究尚有待深化;二是在内容方面,目前的成果尚缺乏纵观全国站位的全面综合研究。与之相比,本文尝试进行两个方面的探索:一是构建生态文明与可持续发展的互动评价指标体系,拓宽生态文明效率评价的视域;二是将静态和动态效率的测算相结合,评估 31 个省份生态文明可持续发展综合效率并探究其演化态势,突破针对单一领域或区域的研究界限。本文以我国 31 个省份 2011—2017 年生态文明可持续发展的面板数据为样本,基于经济、社会和环境视角构建评价指标体系,运用 Bootstrap-DEA 模型和 Malmquist 指数模型对我国生态文明可持续发展综合效率进行测算,探究其东部、东北部、西部和中部四个区域的动态差异和演变趋势,从而据此提出对策建议。

2 研究方法、指标设计与数据说明

2.1 研究方法

2.1.1 Bootstrap-DEA 模型

常规 DEA 模型测算后存在对决策单元效率值的高估现象,无法有效排序,而 Bootstrap-DEA 模型恰好可以修正该缺点,本文运用该模型有利于提高我国各地区生态文明可持续发展效率比较和分析的准确性。考虑到投入资源的有限性以及投入产出的松弛性问题,选择基于规模报酬可变(BCC)的 SBM-output 导向的 Bootstrap-DEA 模型来测算我国生态文明可持续发展的静态效率。

2.1.2 Malmquist 指数模型

在静态 DEA 模型效率测算的基础上,引入 Malmquist 指数模型可以弥补无法对连续时间序列数据进行分析的弊端,更好地实现对生态文明可持续发展效率的动态变化分析以及效率分解研究。同时利用面板数据,运用 Bootstrap-Malmquist 指数模型来测度全要素生产率的变化情况,综合动态 Bootstrap-Malmquist 指数和静态 Bootstrap-DEA 效率值全面刻画生态文明可持续发展效率。

2.2 评价指标设计和数据说明

2.2.1 我国生态文明可持续发展效率评价指标设计

根据生态文明的内涵,生态文明的可持续发展涉及自然、经济与社会等多个方面。生态文明的可持续发展效率是一种通过优化经济产出、满足资源供给以及尽量减少相关社会活动对环境和生态的影响来实现的投入产出比率,其有效测算需要选取合适的投入产出指标。在生态文明可持续发展效率的产出指标方面,已有研究普遍选用地区生产总值(GDP),本文沿用此指标;在投入指标方面,借鉴已有可持续发展评价的指标文献资料,本文从经济、社会和环境三个维度出发,分别选取实际利用外资额、第二产业增加值、城镇化率、规模以上工业企业 R&D 经费、城市建成区绿化覆盖率、水资源总量、环境保护支出、工业污染治理完成投资额作为代表性指标(表 1)。

表 1 我国生态文明可持续发展效率指标体系

类别	维度	评价指标	单位
产出指标	—	地区生产总值(GDP)	亿元
投入指标	经济支持指标	实际利用外资额	百万美元

		第二产业增加值	亿元
	社会支持指标	城镇化率	%
		规模以上工业企业 R&D 经费投入	万元
	环境支持指标	城市建成区绿化覆盖率	%
		水资源总量	亿 m ³
		环境保护支出	亿元
		工业污染治理完成投资额	万元

经济支持指标中,用实际利用外资额来反映企业在发展过程中引进先进技术的程度,用第二产业增加值来反映资源消耗的增减程度。社会支持指标中,城镇化率代表地区城镇化程度,通过提高行政治理水平来促进生态文明的可持续发展;规模以上工业企业 R&D 经费投入用以体现生态文明可持续发展的科技创新水平。环境支持指标中,城市建成区绿化覆盖率反映城市中所有植被的绿化覆盖面积,水资源总量表示地区的生态禀赋条件,环境保护支出是政府为促进环保的各项支出总和,工业污染治理完成投资额是政府和企业对工业生产中造成的废水、废气、固体废物等污染的治理投资总额。

2.2.2 数据说明

由于部分指标在 2010 年之前没有统计数据,因此基于数据的时效性、准确性和连续性,本文选取 2011—2017 年中国 31 个省份(港澳台地区除外)的数据,原始数据均来源于国家统计局和各省市年度统计公报。根据相关历史研究经验,效率的产出通常存在滞后期,生态文明的可持续发展也需要一定的周期,为更准确地度量当年效率,本文假设生态文明可持续发展产出滞后投入为 1 年,即自第 $t-1$ 年开始连续投入,直至第 t 年获得产出。参照《中国统计年鉴》最新划分方法,将中国 31 个省份分别划分为东部、中部、西部和东北部地区,具体划分如表 2 所示。

表 2 中国四个区域的省份划分

区域	包含省份
东部地区	北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南
中部地区	山西、河南、安徽、江西、湖北和湖南
西部地区	广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、内蒙古、新疆和西藏
东北地区	辽宁、吉林和黑龙江

2.2.3 投入产出指标的 Pearson 相关检验

DEA 模型要求各投入项与产出项之间满足“同向性”原则,即投入量增加时产出量不得减少,通常采用 Pearson 相关性检验方法对其检测。本文通过软件 SPSS22.0 运行 Pearson 相关分析,对上述 2011—2017 年的投入产出项进行检测。由表 3 可以看出,各省份投入变量中除水资源总量外,其余投入变量与产出变量 GDP 之间的相关系数均为正,并且均在 1%显著性水平下通过了双尾

检验。因此,生态文明可持续发展效率测算时剔除水资源总量这个变量,从而使 DEA 指标满足“同向性”原则。

表 3 生态文明可持续发展效率投入与产出变量的 Pearson 相关系数

投入变量	实际利用外资额	第二产业增加值	城镇化率	规模以上工业企业 R&D 经费
地区生产总值 (GDP)	0.756** (0.000)	0.982** (0.000)	0.364** (0.000)	0.958** (0.000)
投入变量	城市建成区绿化覆盖率	水资源总量	环境保护支出	工业污染治理完成投资额
地区生产总值 (GDP)	0.896** (0.000)	-0.029 (0.674)	0.762** (0.000)	0.649** (0.000)

3 我国生态文明可持续发展效率测度结果

3.1 基于静态视角测度的我国生态文明可持续发展效率

利用 R 软件,输入并运行 Bootstrap-DEA 模型指令计算出我国 31 个省份 2011—2017 年生态文明可持续发展的静态原始效率值和纠偏后的效率值(表 4),并统计出各地区纠偏后的效率均值及排序(表 5)。如表 4 所示,2017 年我国 31 个省份生态文明可持续发展效率中 90%的地区达到有效状态,而引入 Bootstrap 纠偏技术后,克服了原始小样本估计导致效率值偏高的问题,纠偏结果相较常规 DEA 值均偏低,仅有 23%的地区效率值接近 1,未达到有效状态。这表明使用 Bootstrap-DEA 模型计算出的生态文明可持续发展效率统计值更加真实和准确。

表 4 2017 年我国 31 个省份生态文明可持续发展效率值

省份	常规 DEA 效率值	Bootstrap-DEA 效率值	偏差	省份	常规 DEA 效率值	Bootstrap-DEA 效率值	偏差
北京	1	0.9178	0.0822	湖北	1	0.7665	0.2335
天津	1	0.8857	0.1143	湖南	1	0.7766	0.2234
河北	1	0.7542	0.2458	广东	1	0.6719	0.3281
山西	1	0.7782	0.2218	广西	1	0.8435	0.1565
内蒙古	1	0.9254	0.0746	海南	1	0.9324	0.0676
辽宁	1	0.8928	0.1072	重庆	1	0.7113	0.2887
吉林	1	0.8411	0.1589	四川	1	0.8102	0.1898
黑龙江	1	0.7801	0.2199	贵州	1	0.9507	0.0493
上海	1	0.9206	0.0794	云南	1	0.8723	0.1277
江苏	1	0.7447	0.2553	西藏	1	0.6849	0.3151
浙江	1	0.9104	0.0896	陕西	0.9721	0.8667	0.1333

安徽	0.9175	0.8748	0.1252	甘肃	1	0.7937	0.2063
福建	1	0.7502	0.2498	青海	1	0.7312	0.2688
江西	0.8892	0.7910	0.2090	宁夏	1	0.9779	0.0221
山东	1	0.8954	0.1046	新疆	1	0.7249	0.2751
河南	1	0.8730	0.1270	—	—	—	—

表 5 2011—2017 年我国 31 个省份静态 Bootstrap-DEA 技术效率情况

区域	省份	Bootstrap-DEA 效率平均值	排序	区域效率值	区域	省份	Bootstrap-DEA 效率平均值	排序	区域效率值
东部地区	北京	0.9321	5	0.9170	西部地区	广西	0.9097	11	0.8388
	天津	0.9195	7			重庆	0.8440	26	
	河北	0.8966	15			四川	0.8535	25	
	上海	0.9366	3			贵州	0.8621	24	
	江苏	0.9150	10			云南	0.8897	19	
	浙江	0.9388	2			陕西	0.8774	23	
	福建	0.9001	14			甘肃	0.8198	28	
	山东	0.9188	9			青海	0.7628	30	
	广东	0.8846	20			宁夏	0.8309	27	
	海南	0.9276	6			新疆	0.7882	29	
中部地区	山西	0.8949	16	0.8979		西藏	0.7345	31	
	河	0.8900	18			内蒙	0.8934	17	

	南					古			
	安 徽	0.8798	22		东北地 区	辽宁	0.9539	1	0.9263
	江 西	0.8822	21			吉林	0.9061	13	
	湖 北	0.9329	4			黑龙 江	0.9189	8	
	湖 南	0.9078	12		—				

从表 5 中可以看出, 2011—2017 年, 四个区域静态视角的效率均值主要分布于 0.83~0.93 之间, 东北地区效率值最高, 其次分别为东部、中部地区, 而西部地区效率值最低。这与动态视角下的效率变化存在一定差异, 其中, 西部地区的效率增长率最高, 中部地区的效率增长率最低。

3.2 基于动态视角分析我国生态文明可持续发展效率

考虑到生态文明资源投入和技术进步的变化问题, 本文基于动态视角的 Bootstrap-Malmquist 模型来探究我国生态文明可持续发展效率增长的动态变化趋势, 从而使评价结果更加全面。Malmquist 指数(MI)反映的是全要素生产率的增长率, 即相对上一年度生产率的变化, 可以进一步分解为技术效率变化(EFFCH)以及技术进步变化(TECH)。其中, EFFCH 表示由于生产者内部效率的变化引起的产出增长, 主要源于纯技术效率变化和规模效率变化两部分; TECH 则表示由技术进步引起的产出增长。EFFCH>1、TECH>1, 分别表示技术效率改善、前沿技术进步; 反之, 表示技术效率恶化、前沿技术退步。表 6 的结果表明, 2011—2017 年, 我国技术效率变化指数、技术进步变化指数、纯技术效率变化指数年均下降幅度分别为 0.3%、0.1%、0.1%, 规模效率变化指数年均上升 1%; 从总体上看, 技术效率提高, 技术进步变动和纯技术效率变化与全要素生产率变化指数涨幅相对一致, 说明技术进步和技术效率是导致生态文明可持续发展效率变化的主要因素。通过对比我国四个区域的增长率(表 7), 发现各区域增长率变化存在差异, 西部地区生产率增长最快, 为 0.7%, 西部地区整体环保支出、实际利用外资额和规模以上工业企业 R&D 经费投资的规模较大, 都有利于促进技术进步与创新, 进而影响该地区生态文明可持续发展水平。

表 6 我国整体平均 Malmquist 指数(MI)及其效率分解表

年度	技术效率变化指数	技术进步变化指数	纯技术效率变化指数	规模效率变化指数	Malmquist 指数
2011—2012	1.001	0.970	0.998	1.003	0.971
2012—2013	0.997	0.948	0.996	1.001	0.945
2013—2014	1.009	1.007	1.007	1.003	1.016
2014—2015	0.993	1.026	0.995	0.999	1.019
2015—2016	1.002	1.020	1.000	1.002	1.022
2016—2017	0.996	1.023	0.998	0.997	1.018

平均	0.999	0.999	0.999	1.001	0.998
----	-------	-------	-------	-------	-------

表 7 2011—2017 年各区域平均 Malmquist 指数

区域	Malmquist 指数	增长率
东部地区	0.996	-0.4%
中部地区	0.992	-0.8%
西部地区	1.007	0.7%
东北地区	0.997	-0.3%

3.3 生态文明可持续发展综合效率估计

依据上文得到各省份生态文明可持续发展整体静态和动态效率值, 可发现两种测算结果的效率排序存在一定差异, 为了更合理地评价各省份生态文明可持续发展的整体状况, 需综合估计静态与动态效率值。设计的估计模型为:

$$\text{生态文明可持续发展综合效率} = \text{静态 Bootstrap-DEA 效率值} \times \alpha + \text{动态 Malmquist 指数} \times \beta \quad (1)$$

静态 Bootstrap-DEA 效率值主要评价生态文明可持续发展的资源配置效率, 动态 Malmquist 指数主要评价生产率的变动情况, 考虑到各省基期发展水平不同, 会对各要素投入产出增长率带来不同影响。依据本文研究目标, 最终确定静态效率值在综合效率中占主导, 并结合模糊决策等理论, 最终设计 Bootstrap-DEA 效率值的静态偏好系数 α 为 0.7, Malmquist 指数的动态偏好系数 β 为 0.3, 测算出我国 31 个省份 2011—2017 年整体生态文明可持续发展综合效率值, 并进行排序与分类评价, 如表 8 所示。由表 8 可以看出, 中和了静态和动态效率值的估计结果使得评价更合理。2011—2017 年, 整体上各省份生态文明可持续发展综合效率均小于 1, 未达到资源配置有效状态, 且各省份及区域之间存在显著差异。

表 8 2011—2017 年各省份平均生态文明可持续发展综合效率及排名

省份	静态 Bootstrap-DEA 效率值	动态 Malmquist 指数	可持续发展综合效率值	排名	省份	静态 Bootstrap-DEA 效率值	动态 Malmquist 指数	可持续发展综合效率值	排名
北京	0.9321	0.9085	0.9250	16	湖北	0.9329	0.9720	0.9447	9
天津	0.9195	1.0695	0.9645	2	湖南	0.9078	1.0292	0.9442	10
河北	0.8966	0.9915	0.9251	15	广东	0.8846	0.9707	0.9104	23
山西	0.8949	1.0248	0.9339	12	广西	0.9097	1.0065	0.9388	11

内蒙古	0.8934	0.9767	0.9184	18	海南	0.9276	1.0662	0.9692	1
辽宁	0.9539	0.9468	0.9517	8	重庆	0.8440	1.0648	0.9102	24
吉林	0.9061	0.9922	0.9319	14	四川	0.8535	1.0237	0.9046	25
黑龙江	0.9189	1.0363	0.9541	6	贵州	0.8621	1.0367	0.9145	21
上海	0.9366	0.9872	0.9518	7	云南	0.8897	1.0050	0.9243	17
江苏	0.9150	1.0675	0.9607	3	西藏	0.7345	1.1077	0.8465	30
浙江	0.9388	1.0110	0.9605	4	陕西	0.8774	0.9890	0.9109	22
安徽	0.8798	0.9973	0.9150	20	甘肃	0.8198	0.9873	0.8701	27
福建	0.9001	1.0090	0.9327	13	青海	0.7628	1.0088	0.8366	31
江西	0.8822	0.9542	0.9038	26	宁夏	0.8309	0.9558	0.8684	28
山东	0.9188	1.0407	0.9554	5	新疆	0.7882	0.9997	0.8517	29
河南	0.8900	0.9755	0.9156	19	全国	0.8839	1.0068	0.9208	—

根据已得出的静态效率值与动态效率值,分类做出四象限分布图(图1)。从整体上看,可持续发展综合效率值在全国水平之上的省份集中分布在第Ⅰ象限和第Ⅱ象限,分布在第Ⅰ象限的省份生态文明可持续发展的资源配置情况略低于分布在第Ⅱ象限的省份,分布在第Ⅱ象限的省份全要素生产率水平低于分布在第Ⅰ象限的省份;分布在第Ⅲ象限和第Ⅳ象限所有省份的综合效率值均处于全国水平以下。从局部来看,分布在第Ⅰ象限的山东、海南、天津和江苏,综合效率水平较为均衡,在东部地区各省份中生态文明可持续发展态势良好,具有优势;分布在第Ⅱ象限的各省份主要位于我国东北、东部和中部地区,生态文明可持续发展的资源配置效率相对较高但全要素生产率水平还有发展的空间。其中,北京的生态文明可持续发展已经达到了较高的水平,上升空间有限;分布在第Ⅲ象限和第Ⅳ象限的省份均来自我国西部地区,生态文明可持续发展的资源配置有待于进一步优化,技术水平有待进一步提高,特别是西藏,还具有较大的提升潜力和进步空间。

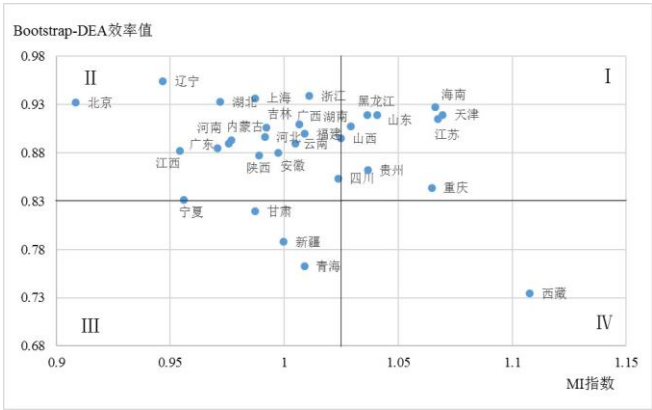


图1 2011—2017年我国31省份生态文明综合效率分类图

3.4 区域差异和变动趋势分析

根据 Bootstrap-DEA 模型对中国省域生态文明可持续发展效率的测度结果,对其区域差异和变动趋进一步分析,见表 9 和图 2。表 9 中,区域效率历年均值排名第一的是东北地区,其次分别为东部地区、中部地区和西部地区,与全国均值相比,只有西部低于全国均值。图 2 显示了各区域之间的差异对比以及变动趋势,由于篇幅所限,仅展示 2011—2017 年每隔 3 年的年份及历年均值的效率分布图。2011 年,大部分区域效率值在 0.76~0.92 之间;2014 年,效率值在 0.92~1 范围内的省份大幅增加,全国整体效率值较高;2017 年,整体效率有所下降,在 0.68~0.76 区间的省份较其他年份有所增加;从历年均值图看,全国大部分省份的效率值集中分布在 0.84~0.92 区间。

3.4.1 东北地区

如表 9 和图 2 所示,2011—2017 年,东北地区的生态文明可持续发展效率平均值为 0.9268,高于全国平均值,居于全国首位。从整体来看,效率水平呈先升后降的变动趋势,但是历年的效率值均处于较高水平。其中,辽宁和黑龙江两省的历年均值达到了 0.9539 和 0.9189,位居全国的第 1 名和第 8 名,居于全国前列。这主要得益于党的十八大以来党中央和地方政府对东北老工业基地振兴战略的高度重视。东北老工业基地的振兴适应经济发展新常态,积极调整产业结构和推进创新驱动发展,努力形成特色新兴产业集群,大力发展绿色经济、循环经济,使其生态文明可持续发展效率得到了显著提升。

3.4.2 东部地区

如表 9 和图 2 所示,2011—2017 年,东部地区的生态文明可持续发展效率平均值为 0.9170,高于全国平均值,居于全国第 2 位,并且从整体来看,效率水平呈现先升后降的变动趋势。其中,效率排名前三名的省份分别为浙江、上海和北京,这源于其严格的环境规制、规范的绿色生产以及成效显著的科技创新。三地政府针对不同行业制定了不同的环境规制政策,形成差异化的环境规制水平,一方面,在一定程度上增加了企业成本和利润,促使企业调整生产行为,引致产业进行结构调整;另一方面,环境规制作为产业结构升级的内在激励,通过政策优惠提高技术创新投入来促进技术创新,通过影响高耗能、高污染行业的比重及清洁设备投资、绿色技术研发来影响环境质量和经济波动,使生产要素投入转化为生产力的效率得以提升。效率进步最快的省份分别为河北、天津和福建,它们通过落实高标准的环保生产要求,倒逼政府部门健全环境治理机制。天津和河北通过建立污染防治区域联动机制,多策并举,打破传统各自为政的属地化、条块化管理体制,改变传统的属地治理模式,解决污染防治工作多头治污的现象,提高环境治理的有效性与整体性;福建通过完善环境保护管理制度,整合各方监管力量,建立权威统一的环境执法体制,增强环境保护法律制度的约束力。这些举措使其生态文明可持续发展效率均得到了有效的提升。

3.4.3 中部地区

如表 9 和图 2 所示,2011—2017 年,中部地区的生态文明可持续发展效率平均值为 0.8979,高于全国平均值,居于全国第 3 位,并且从历年的效率均值来看,整体的效率水平呈现下降的变动趋势。效率最低的省份为安徽,主要是由于该省产业结构有待继续优化升级,表现在:该省总体上仍处于工业化中后期阶段,以重化工业为主的产业结构制约着绿色可持续发展,粗放式发展模式在短期内不易转变;2017 年该省第二产业在 GDP 中的比重超过 45%,这意味着其生产性污染排放的压力仍比较大。相比之下,效率提升幅度最大的省份为山西,该省改变了以往依靠煤炭开采和钢铁加工的粗放型经济发展模式,加大了工业企业整治和生态补偿方面的力度,推动了生态文明的可持续发展,为安徽等省份的效率进步提供了有益的经验。

表 9 各省份基于 Bootstrap-DEA 模型的生态文明可持续发展效率评价

省份	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2017 年排名	历年均值	均值排名
北京	0.9645	0.9815	0.8975	0.9437	0.9102	0.9097	0.9178	10	0.9321	5
天津	0.8857	0.8987	0.8937	0.9348	0.9243	0.9517	0.9475	6	0.9195	7

河北	0.7542	0.8642	0.8971	0.9648	0.9371	0.9375	0.9216	8	0.8966	15
上海	0.8924	0.9287	0.8991	0.9941	0.9914	0.9578	0.8928	15	0.9366	3
江苏	0.9499	0.9473	0.9643	0.9278	0.9379	0.9330	0.7447	28	0.9150	10
浙江	0.8940	0.9281	0.9611	0.9388	0.9449	0.9436	0.9609	4	0.9388	2
福建	0.8168	0.8435	0.9371	0.9370	0.9471	0.9470	0.8719	19	0.9001	14
山东	0.8962	0.8891	0.9264	0.9487	0.9482	0.9278	0.8954	14	0.9188	9
广东	0.9551	0.9377	0.8936	0.8747	0.8682	0.9127	0.7502	27	0.8846	20
海南	0.9449	0.9990	0.9832	0.8631	0.8404	0.8939	0.9686	3	0.9276	6
东部平均	0.8954	0.9218	0.9253	0.9327	0.9250	0.9315	0.8871	(1)	0.9170	(2)
山西	0.7782	0.8763	0.8996	0.8997	0.9579	0.9368	0.9157	11	0.8949	16
河南	0.8904	0.8752	0.8794	0.9287	0.8999	0.8828	0.8734	17	0.8900	18
安徽	0.9201	0.9139	0.8803	0.8673	0.8703	0.8316	0.8748	16	0.8798	22
江西	0.8489	0.8753	0.9879	0.9328	0.8194	0.8868	0.8240	22	0.8822	21
湖北	0.9916	0.9755	0.8704	0.9365	0.9276	0.9185	0.9104	13	0.9329	4
湖南	0.8728	0.9187	0.8976	0.9868	0.9865	0.9156	0.7766	26	0.9078	12
中部平均	0.8837	0.9058	0.9025	0.9253	0.9103	0.8954	0.8625	(2)	0.8979	(3)
广西	0.9459	0.9718	0.7987	0.9542	0.7875	0.9950	0.9152	12	0.9097	11
重庆	0.7575	0.7786	0.7976	0.8821	0.9094	0.8108	0.9718	2	0.8440	26
四川	0.8579	0.9718	0.8103	0.8605	0.8448	0.8191	0.8102	23	0.8535	25
贵州	0.8502	0.8676	0.7915	0.8852	0.8419	0.8477	0.9507	5	0.8621	24
云南	0.7864	0.7724	0.9967	0.9808	0.9674	0.8518	0.8723	18	0.8897	19
陕西	0.9972	0.9075	0.9146	0.8060	0.8218	0.8282	0.8667	20	0.8774	23
甘肃	0.7837	0.8414	0.8229	0.7876	0.8980	0.8116	0.7937	24	0.8198	28
青海	0.7363	0.7816	0.6959	0.7997	0.8838	0.7113	0.7312	29	0.7628	30
宁夏	0.7821	0.7586	0.7672	0.7595	0.8949	0.8764	0.9779	1	0.8309	27
新疆	0.8108	0.7644	0.7535	0.7303	0.8899	0.8440	0.7249	30	0.7882	29
西藏	0.7036	0.7620	0.7121	0.7504	0.7530	0.7754	0.6849	31	0.7345	31
内蒙古	0.7919	0.7665	0.9457	0.9145	0.9818	0.9278	0.9254	7	0.8934	17

西部平均	0.8170	0.8287	0.8172	0.8426	0.8729	0.8416	0.8521	(4)	0.8388	(4)
辽宁	0.9324	0.9367	0.9258	0.9785	0.9945	0.9885	0.9206	9	0.9539	1
吉林	0.8563	0.9509	0.8817	0.9775	0.9386	0.8965	0.8411	21	0.9061	13
黑龙江	0.9234	0.9770	0.9741	0.9322	0.9187	0.9269	0.7801	25	0.9189	8
东北平均	0.9040	0.9549	0.9272	0.9627	0.9506	0.9373	0.8473	(3)	0.9263	(1)
全国平均	0.8636	0.8859	0.8792	0.8993	0.9044	0.8903	0.8649	—	0.8839	—

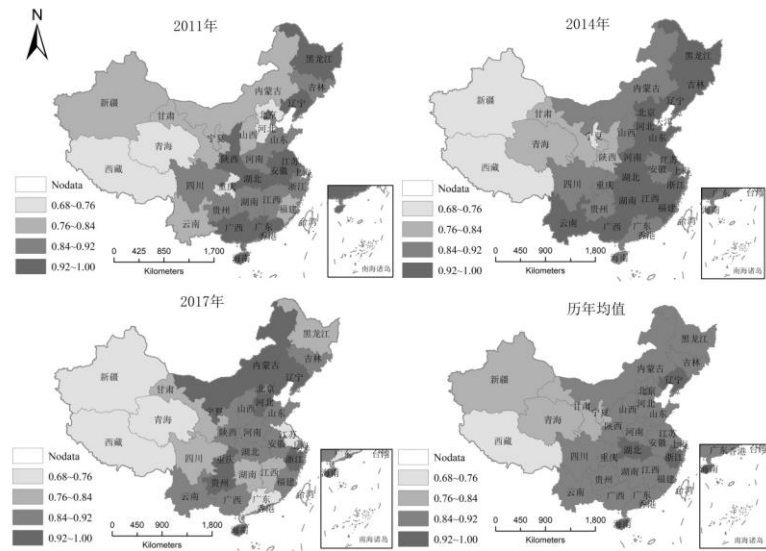


图 2 2011—2017 年中国 31 个省份生态文明可持续发展效率的动态变化

3. 4. 4 西部地区

如表 9 和图 2 所示,2011—2017 年,西部地区的生态文明可持续发展效率平均值为 0.8388,落后于全国平均值。从历年的效率均值来看,整体的效率水平呈现上升的变动趋势,这主要与重庆、宁夏、内蒙古和贵州生态效率的大幅提高密切相关,归功于党和国家在政策等方面的高度重视,特别是西部大开发战略的实施。通过植树造林和防沙治沙,内蒙古、宁夏等省份在全国率先实现了由“沙逼人退”向“人进沙退”的历史性转变,森林面积、活立木蓄积量均稳步增加,在很大程度上保护了生态环境、维护了生态安全。由于历史和自然条件等原因,西北地区依旧基础薄弱、资金短缺、人才匮乏、生态环境脆弱,可持续发展效率的整体水平相较于全国仍然滞后。从历年均值排名的数据看,除广西、云南和内蒙古之外,其他西部省份的效率均在全国 20 名之后,效率提升的空间非常广阔,究其原因:一是企业违规排污,进驻西部地区的资源开发及重化工企业制造大量的废水和残渣,产生违规排污问题和环境污染;二是矿产等资源随意开发,矿产企业的撒网式勘探和破坏性开采造成资源严重浪费,带来自然生态的直接破坏,未来应积极转变生产方式和消费模式,发展低碳经济和循环经济,把区域经济发展与能源节约、环境保护有机结合起来,对生态文明的可持续发展做长期的、全局性的规划。

4 结论与政策启示

4.1 结论

本文通过测算生态文明可持续发展静态 Bootstrap-DEA 效率值和动态 Malmquist 指数及综合效率值,以四个区域效率差异和演化态势分析为依据进行动态研究。结果显示:第一,从整体分析,我国生态文明可持续发展效率未达到最优状态,静态 Bootstrap-DEA 效率值整体均小于 1;动态效率 MI 指数显示,2011—2017 年我国整体生态文明可持续发展资源配置效率以年均 0.03% 的速度下降。第二,从区域排名分析,生态文明可持续发展效率较高的省份主要分布在东北和东部地区,中西部地区相对靠后,各区域内的省份之间差异较大。第三,从区域变动趋势分析,西部地区生态文明可持续发展效率的提升空间和后发潜力最大,中部地区整体呈下降趋势,东部和东北地区上升趋势较弱。

4.2 政策启示

第一,加快科技创新、助推效率提升。

针对我国生态文明可持续发展综合效率逐年下降的状况,各地政府要采取措施、加快科技创新步伐。其一,促进科技要素融入“投入要素”,在投入指标——经济支持、社会支持和环境支持共 8 个具体指标中加大融入科技要素,具体建议加大 R&D 经费投入,鼓励科研人员技术创新,推动工业企业与高等院校、科研院所的合作研发等。其二,加快科技平台的建设和完善。各地要高度重视创新发展,建立健全支持创新的政策制度,加强科技创新投入和人才引进,鼓励各类人才创新创造,提高企业自主创新能力和竞争力,为生态文明可持续发展营造良好的创新氛围。

第二,统筹协调四大区域共同发展。

针对各区域生态文明可持续发展效率差异较大的情况,应努力缩小东西部地区间的差距,促进各区域协调均衡发展。其一,发挥东北和东部地区的示范效应和带动作用。东部地区基于创新的内生力量相比其他地区更强劲,且拥有发达的经济基础、前沿的科学技术手段以及先进的生态环境治理经验,将其资金、技术、人才等优势资源引进中西部地区,有利于更好地助力中西部地区的生态文明建设,为其可持续发展按下“快车键”。其二,加快推进中部和西部地区的建设发展。提升成渝城市群的辐射和溢出效应是当前西部和中部发展的关键,成渝城市群是国家积极推进西部地区新型城镇化的重要示范区,应继续加强对长江流域生态保护与基础设施的投资、调整和优化产业结构,加快川渝绿色金融创新试验区的建设并完善绿色金融标准、引领绿色发展,从而更好地为西部和中部总体发展树立典范以及带动中部和西部地区的协同联动发展,缩小与东部发达地区的差距。

第三,因地制宜、发挥差异化优势,实现资源配置最优化。

四个区域资源禀赋和要素特征不同,要分别制定措施发挥各自的差异化优势。其一,东北和东部地区的优势在于良好的经济基础、生态环境和区位优势,要最大化发挥其地缘优势。应充分利用区域内的资金、技术、人才和政策条件,提高经济发展质量,兼顾当前与未来,促进生态文明的可持续发展。其二,中部地区的优势在于中部六省水道纵横、山峦叠翠,属于中国的“生态重地”和“环保屏障”,要最大化发挥其自然区位优势。应开展生态环境保护和修复,强化环境建设和治理,以推动中部地区实现绿色崛起。具体而言,加大对黄河流域的生态保护力度,加强生态修复;长江流域、长株潭区域等区域应系统地实现水、大气的联防联控联治,以山西煤炭企业固体废物处置与加工利用为重点,打好净土保卫战;发展绿色能源矿产、生态旅游等绿色产业,促进产业高端化、绿色化。其三,西部地区的优势在于其具有涵养水源、保护生物和防风固沙等生态功能,要全力维护并最大程度发挥其优势。应加强西部地区生态文明建设,打造绿色产业格局和空间格局,以增强其生态文明的可持续发展能力。绿色产业格局方面,川渝和云贵地区要抓住“互联网+”“中国制造 2025”重要战略机遇,用高端高新技术实现低耗能、低污染,科学有序“去产能”,坚持在保护中发展;绿色空间格局方面,陕甘宁地区要立足当地资源环境承载力,细化自身定位,特殊地区如青海三江源地区要坚决实行环境优先,以功能定位约束空间规划和开发强度,打造生产空间集约高效、生态空间良好的新格局。

参考文献:

- [1]郭存芝,彭泽怡,丁继强.可持续发展综合评价的DEA指标构建[J].中国人口·资源与环境,2016(3):9-17.
- [2]Martin K,Mullan Z,Horton R.Human health and environmental sustainability:The 21st century's grand challenges[J].The Lancet Global Health,2016.DOI:[https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30001-8](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30001-8).
- [3]Cumming G S,von Cramon-Taubadel S.Linking economic growth pathways and environmental sustainability by understanding development as alternate social-ecological regimes[J].Proceedings of the National Academy of Sciences,2018.DOI:10.1073/pnas.1807026115.
- [4]黄勤,曾元,江琴.中国推进生态文明建设的研究进展[J].中国人口·资源与环境,2015(2):111-120.
- [5]彭玉婷,王可侠.着力推进生态文明国家治理体系和治理能力现代化[J].上海经济研究,2020(3):10-14.
- [6]de Preux L,Rizmie D.Beyond financial efficiency to support environmental sustainability in economic evaluations[J].Future Healthcare Journal,2018,5(2):103-107.
- [7]杜丽群,陈阳.新时代中国生态文明建设研究述评[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2019(3):71-81.
- [8]马鸿鵬.西藏县域生态经济可持续发展状况评价指标体系构建——以西藏日喀则市昂仁县为例[J].西藏民族大学学报(哲学社会科学版),2019(5):125-129.
- [9]吴明红.中国省域生态文明发展态势研究[D].北京:北京林业大学,2012.
- [10]袁晓玲,景行军,李政大.中国生态文明及其区域差异研究——基于强可持续视角[J].审计与经济研究,2016(1):92-101.
- [11]广佳.基于生态文明理念的区域经济可持续发展研究——以四川省为例[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2014(4):127-131.
- [12]刘锴,杜文霞,刘桂春,等.大连市可持续发展水平测度[J].城市问题,2015(4):45-51.
- [13]成金华,陈军,李悦.中国生态文明发展水平测度与分析[J].数量经济技术经济研究,2013(7):36-50.
- [14]宓泽锋,曾刚,尚勇敏,等.中国省域生态文明建设评价方法及空间格局演变[J].经济地理,2016(4):15-21.
- [15]张欢,成金华,陈军,等.中国省域生态文明建设差异分析[J].中国人口·资源与环境,2014(6):22-29.
- [16]盖美,连冬,田成诗,等.辽宁省环境效率及其时空分异[J].地理研究,2014(12):2345-2357.
- [17]赵春阳,冯兵.偏要素视角下西部地区生态效率评价[J].统计与决策,2017(23):110-114.

-
- [18] 韩增林, 吴爱玲, 彭飞, 等. 基于非期望产出和门槛回归模型的环渤海地区生态效率[J]. 地理科学进展, 2018(2):255-265.
- [19] 韩永辉. 中国省域生态治理绩效评价研究[J]. 统计研究, 2017(11):69-78.
- [20] 孙才志, 马奇飞. 中国省际水资源绿色效率空间关联网研究[J]. 地理研究, 2020(1):53-63.
- [21] 程清平, 钟方雷, 左小安, 等. 美丽中国与联合国可持续发展目标(SDGs)结合的黑河流域水资源承载力评价[J]. 中国沙漠, 2020(1):204-214.
- [22] Pellicer-Martínez F, Martínez-Paz J M. The water footprint as an indicator of environmental sustainability in water use at the river basin level[J]. The Science of the Total Environment, 2016, 571:561-574.
- [23] 李昊, 李世平, 银敏华. 承载力视角下土地资源可持续发展评价[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2016(4):62-68.
- [24] 刘华军, 杜广杰. 中国城市大气污染的空间格局与分布动态演进——基于 161 个城市 AQI 及 6 种分项污染物的实证[J]. 经济地理, 2016(10):33-38.
- [25] 汪克亮, 孟祥瑞, 杨力, 等. 我国主要工业省区大气污染排放效率的地区差异、变化趋势与成因分解[J]. 中国环境科学, 2017(3):888-898.
- [26] 刘海猛, 方创琳, 黄解军, 等. 京津冀城市群大气污染的时空特征与影响因素解析[J]. 地理学报, 2018(1):177-191.
- [27] 谭德明, 何红渠. 基于能值生态足迹的中国能源消费可持续性评价[J]. 经济地理, 2016(8):176-182.
- [28] 乔旭宁, 杨娅琳, 杨永菊, 等. 基于 DPSIR 模型与 Theil 系数的河南省可持续发展评价[J]. 地域研究与开发, 2017(1):18-22, 28.
- [29] 鹿晨昱, 张琳, 薛冰, 等. 辽宁省区域可持续发展时空综合测度研究[J]. 经济地理, 2015(8):32-39.
- [30] 黄志烨, 李桂君, 李玉龙, 等. 基于 DPSIR 模型的北京市可持续发展评价[J]. 城市发展研究, 2016(9):20-24.
- [31] 孙晓, 刘旭升, 李锋, 等. 中国不同规模城市可持续发展综合评价[J]. 生态学报, 2016(17):5590-5600.
- [32] 周鹏, 白永平, 马卫, 等. 中国资源型城市可持续发展效率空间格局演变及其影响因素[J]. 中国沙漠, 2016(5):1489-1495.
- [33] 郭存芝, 罗琳琳, 叶明. 资源型城市可持续发展影响因素的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014(8):81-89.