

中国省域生态文明建设效率影响因素评价

于瑞宁

河北地质大学城市地质与工程学院, 河北 石家庄 050031

摘要: 为探究当下生态文明建设效率影响因素, 使用我国 2015-2023 年我国 30 省(市、自治区)的数据, 首先通过超效率 SBM 模型计算出生态文明建设效率, 进一步通过 Tobit 回归模型分析各区域生态文明建设效率影响因素, 结果表明:各区域生态文明建设效率影响因素不同, 整体上科技支出尚未产生直接影响, 存在一定的改进空间, 最后根据影响因素, 对加快建设生态文明提出针对性措施。

关键词: 生态文明建设; 超效率 SBM 模型; Tobit 回归模型

DOI: 10.63887/fem.2025.1.3.21

中图分类号: X321

文献标识码: A

生态文明建设效率对于提高人们的生活水平至关重要, 当下对于生态文明建设效率的研究主题主要包括生态效率概念分析^[1]、时空演变分析^[2]、影响因素分析^[3]等。在对生态文明建设影响因素的探讨中, 主要为面板回归模型^[4]、多元线性回归模型^[5]、Tobit 模型^[6]、OLS 模型^[7]等。生态文明建设效率发生了很长时间的演变^[8,9-11], 其中, Tobit 主要用来分析因变量受限下的情况^[12], 能够避免由参数估计产生的偏差, 因而应用最为广泛。

对于省级层面研究相对较少^[13], 较多为城市层面的研究, 缺乏系统性, 全局性分析。各地区生态建设是密不可分的整体, 从宏观层面进行分析可以探索各省市差异, 进而因地制宜。

通过分析, 从省级层面入手, 首先使用超效率 SBM 模型对我国 30 省市 2015-2023 年生态文明建设效率进行测算, 将 30 个地区分成东部, 中部和西部三个区域分别采用 Tobit 回归模型分析其影响因素。分析我国生态文明建设效率的影响因素, 因地制宜以促进发展。

1 模型与方法

1.1 非期望产出超效率 SBM 模型

使用 SBM 模型对我国生态文明建设效率进行测算, 具体公式如下:

$$\min \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{q_1 + q_2} \left(\sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{z-}}{z_{tk}} \right)} \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- \leq x_{ik}, \forall i; \\ \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j y_{rj} + s_r^+ \leq y_{rk}, \forall r; \\ \sum_{j=1, j \neq j_0}^n \lambda_j z_{tj} - s_t^{z-} \leq z_{tk}, \forall t; \\ \frac{1}{q_1 + q_2} \left(\sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{z-}}{z_{tk}} \right) > 0; \\ \lambda, s_i^+, s_r^+, s_t^{z-} \geq 0; \end{cases} \quad (2)$$

式中: n 为决策变量个数, m 为投入变量个数, q_1 为期望产出变量个数, q_2 为非期望产出变量个数, s_i^- , s_t^{z-} 分别为投入和非期望产出的过剩量, s_r^+ 为产出的缺失量, ρ 为效率值。 λ_i 为决策单元权重系数。

1.2 Tobit 回归模型

在分析生态文明建设的效率之后, 进一步通过 Tobit 回归模型来分析生态文明建设的影响因素。将超效率 SBM 的分析结果技术效率值作为被解释变量, 考

考虑到效率值是以 0 为下限的特征, 适合 Tobit 回归模型对数据进行分析, 其表达式如下:

$$Y_{it}=\alpha+X_{it} + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

式中: Y_{it} 表示第 i 个决策变量第 t 时期的效率值, X_{it} 为所选取对效率值的解释变量, ε_{it} 为随机扰动项。

参考曾福生的做法对解释变量取对数处理以防止数据单位不统一对模型回归造成影响, 使用 stata18.0 进行数据分析, 将左侧删失限值设置为 0。

2 中国生态文明建设效率评价

2.1 指标体系构建

投入指标中, 用人均用水量和人均电力消费量来

反映对能源的消耗, 用农业用地和城市用地作为土地的使用状况, 用一般工业固体废物利用率和工业污染治理完成投资来反映环境治理的投资投入。期望产出指标中, 将生态文明建设产出指标分为生态环境、生态经济和生态社会三个 2 级指标, 并在其基础上进行改进, 在 3 级指标中增加了一些维度, 使得评价系统更加立体更加接近客观实际。非期望产出中参考了其他学者的做法, 包括了废水、废气的排放和以施肥量影响的土壤污染水平。具体三级指标体系见下表 1:

表 1 生态文明建设指标体系

1 级指标	2 级指标	3 级指标	指标说明
投入指标	资源消耗	能源	人均用水总量(亿立方米/人) 人均电力消费量(亿千瓦时/人)
		土地	农作物总播种面积(千公顷) 人均建成区面积(平方公里/人)
		投资	一般工业固体废物利用率(%) 工业污染治理完成投资(万元)
	生态环境	环境韧性	湿地总面积占国土面积比重(%)
	生态经济	经济水平 产业结构 科技水平	人均 GDP(元/人) 全体居民人均可支配收入(元) 第三产业增加值占比(%) R&D 经费内部支出(亿元)
期望产出指标	生态社会	城镇化水平	城市建设用地面积(平方公里) 城市化率(%)
		医疗卫生	建成区绿化覆盖率(%) 每万人医疗机构床位数(张)
		教育水平	普通高等学校预计毕业生数(万人)
		废气排放	二氧化硫排放量(万吨) 氮氧化物排放量(万吨) 氨氮排放量(万吨)
		土壤污染	颗粒物排放量(万吨) Total apparent CO2 emissions (mt) 化学需氧量排放量(万吨) 农用化肥施用折纯量(万吨)

2.2 指标处理方法

为简化 DEA 模型对指标体系进行降维,将获取的相关指数带入模型运算。处理方法如下:

2.2.1 生态文明建设投入指标

资源消耗指数将能源、土地和投资中的各项指标进行去量纲加权平均取得。

2.2.2 生态文明建设产出指标

生态环境选用湿地总面积占比来反映其韧性。

生态经济指数是由经济水平、产业结构和科技水平来反映,将人均 GDP、全体居民人均可支配收入、第三产业增加值占比和 R&D 经费内部支出去量纲求算数平均后取得。

生态社会指数城镇化水平、医疗卫生、教育水平三方面来衡量,用城市建设用地面积、城市化率、建成区绿化覆盖率、每万人医疗机构床位数和普通高等学校预计毕业生数去量纲求算数平均后取得。

2.2.3 非期望产出指标

非期望产出指数通过将废弃排放、废水排放和土壤污染中的各项指标进行去量纲加权平均取得。

2.3 Tobit 回归分析解释变量的选择

将生态文明建设效率作为被解释变量,从生态文

明建设指标体系中筛选了可能会影响技术效率的多个变量作为解释变量,分别是:全体居民人均可支配收入、湿地总面积占国土面积比重、第三产业增加值、R&D 经费内部支出、建成区绿化覆盖率、人均电力消费量、人均建成区面积、表观二氧化碳排放总量、二氧化硫排放量。

3 实证分析

3.1 生态文明建设效率评价

为减少地区差异对结果的影响,将决策单元分成经济发展层面上的东部地区,中部地区和西部地区三类进行时间对比分析。对 30 个省份地区的 9 年效率值按地区求取均值进行空间对比分析。

如图 1 所示,四川、广东、辽宁等地的生态文明建设效率值超过 0.9,处于较高水平;内蒙古、重庆、天津等地的效率值介于 0.4 与 0.53 之间,处于中等水平;新疆、云南、陕西等地的效率值低于 0.24,处于较低水平,表明我国生态文明建设效率具有较大的地域性差异。从整体上看,东部沿海地区生态文明建设效率水平较高,而中部和西部地区效率水平较低,表明,经济发展水平较高的地区其生态文明建设水平也相对较高,而发展水平较低的地区投入效率值较低且差异较大。

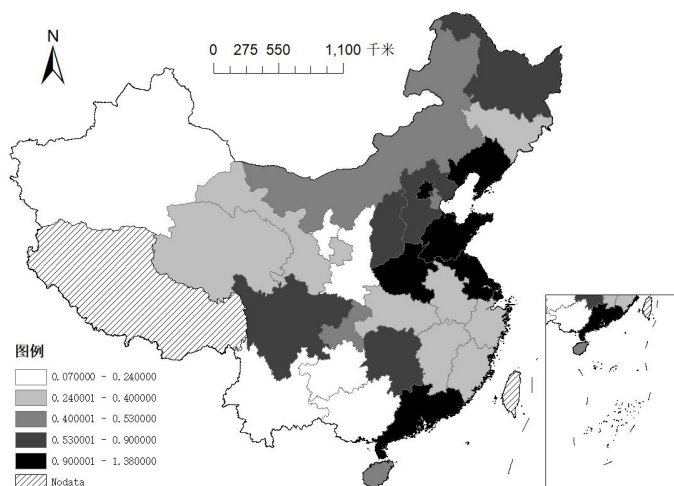


图 1 各省市生态文明建设效率空间分布图

3.3 影响因素分析

将决策单元分为经济发展层面上的东部地区,中部地区和西部地区,通过测得的效率值按照东部、中

部、西部三个地区分别进行 Tobit 回归分析。结果如表 2 所示。

对于东部地区,全民可支配收入和建成绿化区覆盖率对生态文明建设效率具有显著的正向影响,且后

者的贡献率较大。说明，社会经济的发展能够有效提升效率水平，进一步可以得知东部地区的经济增长具有高质量发展的特征，经济的增长同时也在推动生态文明建设的效率。

对于中部地区人均建成区面积对生态文明建设效率具有显著的正向影响，二氧化硫排放量和全体居民人均可支配收入对其具有负向较大的影响。说明，中部地区的城市化的推进可以有效提高建设效率；另外可以得知中部地区仍是以高排放型产业为经济发展的主要推动力之一。

对于西部地区，全体居民人均可支配收入、湿地总面积占国土面积比重对生态文明建设效率具有显著

的正向影响，第三产业增加值、人均电力消费量是抑制生态文明建设效率。说明，经济的发展和环境的建设可以推进生态文明建设效率；另外，人均电力消费对其具有抑制作用进一步可以得知西部地区的投入具有一定的冗余，而增进能源消耗效率可以有效促进生态文明建设效率；三产增加值对其具有抑制作用进一步可得知：西部地区的产业结构具有一定的改进空间。

整体而言，R&D 经费内部支出皆未产生显著性影响，即科技支出在生态文明建设中尚未产生直接性影响，说明，科技创新的转化具有一定的进步空间，提升科技创新的转化率是现阶段生态文明建设的一大着力点。

表 2 分地区生态文明建设效率 Tobit 回归模型

	东部地区		中部地区		西部地区	
	Coefficient	P> t	Coefficient	P> t	Coefficient	P> t
全体居民人均可支配收入	0.138	0.000	-1.080	0.210	4.520	0.000
湿地总面积占国土面积比重	0.044	0.861	0.016	0.783	0.313	0.004
第三产业增加值	0.012	0.945	0.180	0.374	-1.768	0.020
R&D 经费内部支出	0.112	0.315	0.115	0.460	0.703	0.148
建成区绿化覆盖率	1.365	0.015	0.208	0.692	-0.385	0.843
人均电力消费量	-0.064	0.235	-0.218	0.560	-2.202	0.000
人均建成区面积	0.073	0.369	0.853	0.000	0.333	0.714
表观二氧化碳排放总量	0.107	0.567	-0.128	0.321	1.327	0.000
二氧化硫排放量	-5.990	0.066	-0.302	0.015	0.150	0.563
_cons	0.138	0.000	9.887	0.173	-41.615	0.014

4 结论与建议

4.1 结论

通过构建生态文明建设效率评价指标体系，使用超效率 SBM 方法计算我国 30 省、市、自治区的生态文明效率，在分析生态文明建设效率的基础上，使用 Tobit 回归模型对影响因素进行分析，以促进我国各地区生态文明建设效率。通过分析，得出相应结论，并因地制宜提出相应对策。

通过分析生态文明效率，发现生态文明效率在地区间发展较为不平衡，存在较大的区域间差异，此外，生态文明建设效率与地区发展度有关，经济发达的地

区生态文明建设效率较高，经济市影响生态文明建设效率的一个因素。科技创新的转化具有一定的进步空间，提升科技创新的转化率是现阶段生态文明建设的一大着力点。未来我国应大力发展科技创新，以提升生态文明建设效率。

对于影响因素，整体来看，科技支出在生态文明建设中尚未产生直接性影响，具有一定进步空间。分区域来看，东部地区社会经济的发展能够有效提升效率水平，中部地区的城市化的推进可以有效提高建设效率，西部地区经济的发展和环境的建设可以推进生态文明建设效率，且西部地区产业结构具有一定改进空间。

4.2 建议

为提高我国生态文明建设效率，应根据生态文明建设效率影响因素对症下药，在整体上应加大科技研

发投入以推动科技成果转为生产力。东部地区应在维持经济发展的同时注重环境保护和修复工作，中部地区应加快能源结构转型，西部地区应增强能源利用率，提高科技创新水平。

参考文献

- [1]官建成,何颖.基于DEA方法的区域创新系统的评价[J].科学学研究,2005,(02):265-272.
- [2]吴传清,黄磊,文传浩.长江经济带技术创新效率及其影响因素研究[J].中国软科学,2017,(05):160-170.
- [3]宁论辰,郑雯,曾良恩.2007—2016年中国省域碳排放效率评价及影响因素分析——基于超效率SBM-Tobit模型的两阶段分析[J].北京大学学报(自然科学版),2021,57(01):181-188.
- [4]韩永辉.中国省域生态治理绩效评价研究[J].统计研究,2017,34(11):69-78.
- [5]李在军,胡美娟,周年兴.中国地级市工业生态效率空间格局及影响因素[J].经济地理,2018,38(12):126-134.
- [6]万斯斯,李世杰,张明空等.河南省城市生态效率时空演变及影响因素[J].地域研究与开发,2021,40(06):51-56.
- [7]杨勇,邓祥征.中国城市生态效率时空演变及影响因素的区域差异[J].地理科学,2019,39(07):1111-1118.
- [8]黄玛兰,曾琳琳,李晓云.LCA和DEA法相结合的农业生态效率研究:兼顾绿色认知和环境规制的影响[J].华中农业大学学报(社会科学版),2022(01):94-104.
- [9]龚镇杰,何艳虎.区域用水效率关联度时空演变及影响因素[J].南水北调与水利科技(中英文),2021,19(03):477-486+495.
- [10]吴昊,李玲.我国高铁站区发展差异性研究——基于引力模型的分析[J].价格理论与实践,2018,(09):159-162.
- [11]曾福生,高鸣.我国粮食生产效率核算及其影响因素分析——基于SBM-Tobit模型二步法的实证研究[J].农业技术经济,2012,(07):63-70.
- [12]高亮,唐守普,王争光等.基于DEA-Malmquist指数的京津冀城市生态文明效率指数研究[J].河北师范大学学报,2023,47(05):533-540.
- [13]王曰芬,徐天傲,岑咏华.绿色发展理念支撑的生态文明建设综合评价指标体系构建及应用[J].理论与实践,2023,8(04):52-63.