

基于 DEA-SBM 模型的黄河流域生态效率研究

常梦杰¹

(中南民族大学经济学院, 湖北 武汉 430074)

【摘要】: 黄河是我国第二长河, 具有重要的战略地位, 国家高度关注黄河流域的生态保护和高质量发展。本文选择黄河流域省区层面 2010-2017 年的数据, 借助 MAXDEA 软件, 运用包含非期望产出的超效率 DEA-SBM 模型测度了各省区的生态效率水平, 根据黄河流域现状分析和 DEA 结果, 为黄河流域生态保护提出建议。

【关键词】: 黄河流域 生态效率 超效率 DEA-SBM 模型

【中图分类号】: F2 **【文献标识码】:** A

0 引言

与西方国家“先污染再治理”的道路选择不同, 我国明确提出要在建设的同时解决环境污染问题。“十三五”期间, 生态环境部制修订了包括环境质量标准、污染物排放标准、环境管理技术规范等一系列措施保障环境质量。党的十九届五中全会提出要构建生态文明体系, 并在“十四五”规划中明确了未来五年环境质量改善的目标。

黄河流域具有重要的战略地位, 针对黄河流域生态环境和高质量发展等问题, 我国进行了一系列有益的探索。2019 年黄河流域生态保护和高质量发展正式转变成国家重大战略。黄河流域的生态状况对我国至关重要, 系统测度黄河流域生态效率水平, 总结其中的时空特征, 可为黄河流域进一步优化生态保护, 实现高质量发展提供参考依据。

1 文献综述

1990 年, 德国学者 Schaltegger 和 Sturn 提出生态效率这个名词, 将其定义为“经济增加值与环境影响的比值”。生态效率的研究内容较为广泛, 涉及微观的企业、产品层面和宏观的产业、区域、能源等层面。Alves 和 Medeiros (2015) 对巴西微型和小型企业进行研究。卢燕群 (2017) 等对全国 30 个省的工业生态效率进行了测算和评价。生态效率的评价方法有经济-环境比值评价法, 生态足迹法, 生态效率指标评价法, 参数分析法, 非参数分析法等。DEA (非参数分析法) 及其扩展方法被广泛运用于生态效率测度。黄晴晴 (2015) 建立工业生态效率评价指标体系, 采用 DEA 窗口分析技术对我国 2003-2012 年 48 个矿业城市工业生态效率及其提升路径进行研究。刘华军 (2020) 等构建 MinDS 模型测度了黄河流域用水效率, 分不同视角刻画了黄河流域用水效率的空间格局及动态演进趋势。黄河流域生态效率的研究范围涉及省区、城市层面, 研究方法大多采用 DEA 模型。刘轩志 (2019) 等通过 DEA-SBM 超效率模型, 测度出黄河流域九省的生态效率水平, 据此提出政策建议。阎晓 (2021) 等运用 TOPSIS 法测度 2003-2017 年黄河流域 37 个资源型城市的生态效率。

本文基于对黄河流域自身的经济-生态-社会状况的分析, 构建黄河流域生态效率的评价指标体系, 考虑非期望产出因素后, 选择包含非期望产出的超效率 DEA-SBM 模型测算效率值, 分析提升黄河流域生态效率的对策。

作者简介: 常梦杰 (1996-), 女, 汉族, 河南驻马店人, 中南民族大学经济学院硕士在读, 研究方向: 资源与环境经济学。

2 黄河流域经济-生态-社会现状

2.1 经济情况

黄河流域自然资源丰富且具有独特的区位优势，是我国主要的经济地带之一。根据国家统计局数据整理结果发现，黄河流域 9 省区经济发展不平衡，整体上经济发展水平呈现黄河下游>中游>上游，下游的山东省 2018 年地区生产总值和人均生产总值都在黄河流域 9 省区中排名第一。9 省区经济发展水平主要由第二产业和第三产业带动，第一产业带动经济增长比例较低，整体来看第二产业和第三产业生产总值差距不大，产业升级转型还有较大的提升空间。

2.2 生态情况

黄河流域拥有多个国家公园和国家重点生态功能区，生态环境优势明显，此外黄河流经黄土高原和五大沙漠沙地，河流中泥沙量大，生态环境脆弱。黄河流域生态环境相对严峻，存在防洪安全、水资源安全、大气安全等问题。黄河流域存在大量高污染企业，石油、化工、造纸、煤炭等高污染行业，污染物排放量巨大，超出黄河流域自身承载力，亟须调整产业结构，改进企业生产技术，提高黄河流域生态效率水平。

2.3 社会情况

国家的政策导向和法律法规影响地区生态效率水平。我国制定了一系列法律法规，减少能源生产和消费活动对生态环境造成的负面影响，间接促进生态效率水平的提高。针对流域的生态保护问题，我国创新生态文明体制机制，重点在于完善流域内协调管理和治理体系，明确各方责任，加强流域内生态环境保护力度。黄河流域部分省区位于国家西部大开发战略和丝绸之路经济带战略布局中，政策优势较为突出，有利于黄河流域高质量发展和生态效率的提升。

3 实证研究

3.1 研究方法

包含非期望产出的超效率 DEA-SBM 模型是在包含非期望产出 SBM 模型的基础上，考虑超效率模型，即运用超效率模型综合测算效率值。SBM 模型不同于传统的 DEA 模型，它采用至前沿最远距离函数类型，考虑到松弛变量对效率值的影响，对效率值的测度更加准确。超效率模型改进了传统 DEA 只能区分无效单元(效率值<1 时)的情况，可以区分效率有效值之间的优劣，更加全面地反映数据结果。

3.2 指标选择

3.2.1 投入指标

根据指标选取的合理性、数据的可获得性和黄河流域的基本情况等方面的考虑，借鉴相关学者的做法，本文的投入指标选取的是劳动、水资源、资本、土地。如表 1 所示，其中，劳动用就业人数表示，水资源以用水总量表示，资本用全社会固定资产投资表示，土地用城市建设用地面积表示。

表 1 生态效率评价指标体系

| 指标类型 | 指标类别 | 指标名称 | 指标单位 |
|------|------|------|------|
|------|------|------|------|

| | | | |
|------|-------|-----------|------|
| 投入指标 | 劳动 | 就业人员 | 万人 |
| | 水资源 | 用水总量 | 亿吨 |
| | 资本 | 全社会固定资产投资 | 亿元 |
| | 土地 | 城市建设用地面积 | 平方公里 |
| 产出指标 | 期望产出 | 地区生产总值 | 亿元 |
| | 非期望产出 | 废水排放总量 | 万吨 |
| | | 二氧化硫排放总量 | 万吨 |

数据来源：2010-2018 年国家统计局历年《中国统计年鉴》以及各省区统计局历年统计年鉴、《中国环境统计年鉴》。

3.2.2 产出指标

产出指标不仅包括期望产出，还有非期望产出。期望产出选择地区生产总值 (GDP)，非期望产出选取的是废水排放总量、二氧化硫排放总量。

3.3 结果分析

借助 maxdea6.0 软件，选择产出导向、规模报酬可变、包含非期望产出的超效率 SBM 模型，测算出黄河流域 2010-2017 年 9 省区的超效率生态效率综合值，如表 2 所示。超效率测算的是效率值是截面数据结果，因此，本文以年份为截面并对数据结果进行排序整理成表 3，有利于分析黄河流域各省区时间和空间上的效率变化。

根据表 2 的结果可以看出，黄河流域各省区生态效率整体较好，除了甘肃、山西、宁夏等部分省区外，大部分省区都处于效率有效。地区之间的生态效率值差异呈现先上升后下降的趋势，从 2010 年青海与四川之间 2.065 的效率差异上升到 2011 年青海与甘肃之间的最大差异 4.864，2011 年之后地区差异呈下降趋势，2017 年的地区差异为青海与山西之间的 1.058。

表 2 黄河流域 2010—2017 年各省区超效率生态效率综合值

| 省份 | 青海省 | 甘肃省 | 宁夏 | 四川省 | 内蒙古 | 陕西省 | 山西省 | 河南省 | 山东省 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2010 | 2.900 | 0.859 | 1.026 | 0.835 | 1.156 | 1.067 | 1.051 | 1.003 | 1.161 |
| 2011 | 5.689 | 0.825 | 1.002 | 0.920 | 1.157 | 1.092 | 1.065 | 0.895 | 1.159 |
| 2012 | 5.109 | 0.834 | 0.770 | 1.007 | 1.150 | 1.091 | 0.803 | 1.001 | 1.173 |
| 2013 | 3.957 | 0.834 | 0.775 | 1.008 | 1.121 | 1.073 | 0.789 | 0.872 | 1.181 |
| 2014 | 3.207 | 0.835 | 0.784 | 1.007 | 1.102 | 1.074 | 0.774 | 1.011 | 1.159 |
| 2015 | 2.352 | 0.826 | 0.820 | 1.029 | 1.116 | 1.050 | 0.777 | 1.012 | 1.170 |

| | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2016 | 1.795 | 0.884 | 0.846 | 0.911 | 1.101 | 1.043 | 0.779 | 1.125 | 1.170 |
| 2017 | 1.851 | 0.847 | 1.022 | 0.894 | 1.039 | 1.038 | 0.793 | 1.171 | 1.172 |

表 3 黄河流域 2010—2017 年各省区超效率生态效率排名

| 省份 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 均值 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 青海省 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 甘肃省 | 8 | 9 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7.5 |
| 宁夏 | 6 | 6 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 6 | 7.5 |
| 四川省 | 9 | 7 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 6.25 |
| 内蒙古 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3.25 |
| 陕西省 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4.25 |
| 山西省 | 5 | 5 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 7.75 |
| 河南省 | 7 | 8 | 6 | 6 | 5 | 6 | 3 | 3 | 5.5 |
| 山东省 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

根据表 3 各省区 2010-2017 年生态效率的排名情况可以看出，青海省和山东省生态效率排名常年稳定在第一名、第二名，说明其生态效率较好，经济发展和环境保护协调发展较好。甘肃省、宁夏回族自治区、山西省生态效率排名靠后，生态效率有待进一步改善，这三省的经济发展水平都相对落后，生态效率处于较低水平与追求经济发展，环境破坏严重相关。四川省生态效率呈现波动趋势，与其经济实力有较大出入，生态效率值在研究期间大致呈现先上升后下降趋势，需要引起重视，在经济发展的同时加大环境保护力度。内蒙古、陕西省生态效率相对趋于稳定。河南省生态效率在研究期间呈现上升趋势，说明其在经济发展的同时重视环境保护，生态成效逐渐显现。

4 政策建议

生态效率的影响因素是多方面的，需要综合把握、全面考虑黄河流域整体及各省情况，本文借鉴相关学者的研究，结合包含非期望产出的超效率 DEA-SBM 模型分析结果，最终提出以下几点政策建议。

4.1 经济与环境协调发展

黄河流域生态效率的提升要注意经济发展与环境保护的协调，追求经济发展的同时关注环境保护问题，特别是甘肃省、宁夏回族自治区、山西省这些经济发展水平相对滞后的省区，不能牺牲环境追求发展，相反，争取在经济发展的同时走可持续发展道路，形成良好生态环境的同时促进正向生态-经济效益，如在青海、内蒙古等地发展原生态经济、天然氧吧、绿色文化产业等。

4.2 加强政府环境规制

有效的环境规制促进生态效率的提升。我国的环境治理道路展现了环境规制的重要性和实用性。黄河流域整体及各省区生态效率提升需要政府的环境规制，尤其是四川省、山西省、陕西省这些生态效率相对较低的省区，严格控制污染排放量。如完善相关法律法规的修订，加大环境规制力度，关注污染末端的治理，加强污染源头的控制等。

4.3 调整产业结构

黄河流域存在大量的高污染企业，产业结构的调整对黄河流域生态效率的提升具有重要影响。一方面，优化产业结构，降低第二产业比重，提高第三产业比重，间接减少污染物排放量。另一方面，推广绿色金融，充分考虑低碳和生态保护因素，促进资金从高污染、高排放、高能耗产业向低碳产业转移，间接提高生态效率。

4.4 提高技术水平

黄河流域尤其是山东省、河南省等经济发展较好、生态效率较高的地区应该积极推动技术进步，学习各地区优秀技术、加强企业与科研机构的合作交流，加强科技创新，促进清洁生产技术、污染处理技术等研发，进而带动其他省区发展。

参考文献:

- [1]卢燕群, 袁鹏. 中国省域工业生态效率及影响因素的空间计量分析[J]. 资源科学, 2017, 39(07):1326-1337.
- [2]黄晴晴. 矿业城市工业生态效率及其提升路径研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2015.
- [3]刘华军, 乔列成, 孙淑惠, 等. 黄河流域用水效率的空间格局及动态演进[J]. 资源科学, 2020, 42(01):57-68.
- [4]刘轩志, 赵文莉. 黄河流域沿线省份生态效率测度[J]. 区域治理, 2019, (45):117-119.