

黄河流域经济带生态环境绩效评估及其提升路径

鲁仕宝^{1,2}, 尚毅梓³, 王浩³, 廉志端¹

(1.甘肃农业大学财经学院,兰州 730070;2.云南大学生态资源保护与利用国家重点实验室,昆明 650000;3.中国水利水电科学研究院流域水循环与模拟国家重点实验室,北京 100038)

摘要:黄河流域经济带是我国北方重要的经济走廊,科学评估黄河流域经济带生态环境绩效水平,提高黄河流域沿线 9 省生态环境质量是实现黄河流域经济带的高质量发展重要举措之一。运用生态环境质量评估、生态效率评估等研究方法,开展 2012—2017 年的生态环境质量、生态效率和绿色全要素生产率评估。结果表明:黄河流域经济带生态环境绩效水平总体呈现由较低水平不断提升的趋势;黄河沿线九省在生态环境质量和生态效率系统层中有明显差异,生态环境质量系统层中,上游地区的最优;生态效率系统层中,中下游地区的生态效率最优且稳定。研究结果从生态系统修复功能、产业绿色发展和完善生态环境顶层制度设计 3 个方面提出加快推进黄河战略的实施,提升黄河流域经济带生态环境绩效。

关键词:黄河流域经济带;环境绩效;评价体系;提升路径

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2023)04-0235-08

DOI:10.13870/j.cnki.stbcxb.2023.04.029

Ecological Environment Performance Assessment and Improvement Path of the Yellow River Basin Economic Belt

LU Shibao^{1,2}, SHANG Yizi³, WANG Hao³, LIAN Zhidian¹

(1.College of Finance and Economics, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; 2.State Key Laboratory of Ecological Resources Conservation and Utilization, Yunnan University, Kunming 650000; 3.State Key Laboratory of Watershed Water Cycle and Simulation, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038)

Abstract: The Yellow River Basin Economic Belt is an important economic corridor in the north of China. Scientific assessment of the performance level of the ecological environment of the Yellow River Basin Economic belt and improvement of the ecological and environmental quality of the nine provinces along the Yellow River Basin were one of the important measures to achieve the high-quality development of the Yellow River Basin economic belt. In this paper, ecological environment quality assessment, ecological efficiency assessment and other research methods were used to evaluate the assessment of ecological environment quality, ecological efficiency and green total factor productivity from 2012 to 2017. The results showed that the ecological environment performance level of the Yellow River Basin economic belt presented a trend of increasing from a low level. The nine provinces along the Yellow River had obvious differences in eco-environmental quality and eco-efficiency system layer, and the upstream region was the best. In the ecological efficiency system layer, the ecological efficiency in the middle and lower reaches was the best and stable. The research results proposed to accelerate the implementation of the Yellow River Strategy from the three aspects of ecosystem restoration function, industrial green development and the improvement of the top-level system design of ecological environment, so as to improve the ecological and environmental performance of the Yellow River Basin economic belt.

Keywords: Yellow River Basin Economic Belt; environmental performance; evaluation system; improvement path

收稿日期:2023-01-19

资助项目:国家自然科学基金项目(4217450);四川省重点研发项目(22ZDYF2490)

第一作者:鲁仕宝(1975—),男,教授,博导,“天府学者”特聘专家,主要从事水资源与水环境研究。E-mail:346402642@qq.com

通信作者:尚毅梓(1983—),男,教高,博导,主要从事水资源与水环境研究。E-mail:yzshang@foxmail.com

王浩(1953—),男,教高,博导,院士,主要从事水资源与水环境研究。E-mail:wanghao@iwh.com

生态环境绩效是对当前生物所处的生存和发展环境的整体态势的具体反映^[1]。生态环境绩效是一种能够有效测算和评估政府实施环境政策效果的工具,是利用指标说明经济社会活动对环境的作用,进而分析环境现状、变化趋势和检验环境管理工作的效率及效果,使管理者对不同层面的环境治理工作有较为全面、客观的认识和了解,能够为环境管理工作提供更加有效的意见^[2]。

国内外学者针对生态环境绩效,无论是从区域选择还是研究方法上都取得了丰富的研究成果。其中,吴传清等^[3]、杨开忠等^[4]运用改进熵值法,从资源利用、环境治理、增长质量和绿色生活 4 个维度对 2005—2015 年长江中游城市群的绿色发展建立绩效评估指标并进行评估;杨先明等^[5]基于生态效力和经济增长生态指数理论,从社会发展、经济增长、资源利用、生态建设和环境保护 5 大维度建立指标体系,分析 2016 年黄河沿线 11 省生态经济质量差异和空间变化;文广超等^[6]建立综合自然地理、气象、土地利用/覆盖和社会经济 4 个方面的生态环境质量评估体系,运用因子分析和熵值法对 2005 年、2010 年、2015 年的可鲁克湖生态环境质量的变化进行分析。王俊能等^[7]和徐勇等^[8]采用 SBM 模型和 Malmquist 指数模型对福建省 2004—2013 年的环境效率评价指标进行分析和评价。康丽婷等^[9]运用 ML 指数测度城市绿色全要素生产率动态变化情况并综合考虑区位、时空、时期差异,分析外商直接投资(FDI)和环境规制对城市绿色全要素生产率的影响;Lu 等^[10]基于 SFA-Malmquist 测算 2001—2014 年我国省级绿色全要素生产率,得出资源环境在受到约束的情况下,全要素生产率的省级协调度受城市化进程以及产业结构影响较大。

根据前期学者的研究成果不难看出,绝大多数有关于生态环境的研究是依靠建立环境绩效评估体系和运用数据包络分析方法进行评价,针对长江流域经济带、行业和区域层面的研究较为丰富,而对于黄河流域经济带的相关研究较少。本文以提高黄河流域经济带生态环境为目标从农业、工业、生活生态环境以及自然环境等维度对黄河流域经济带生态环境绩效进行综合评估。遵循科学性、代表性、完备性、可操作性等原则,基于生态环境保护综合评价的指导思想、基本原则和评价目的,结合当地实际情况,将研究维度定为生态环境发展水平、环境效率及绿色全要素生产率构建一套生态环境绩效评估体系。将层次分析法与熵权法结合,解决了主观赋权法主观性太强、客观赋权法结果与实际差别较大等问题,最终得出黄河经济带生态环境质量得分与排名。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

(1)生态环境质量评估方法。本文选取 21 个指标层对黄河流域经济带生态环境绩效进行评估。其中,正向指标有 13 项,其值越大表明项目的评价结果越优;负向指标有 8 项,其值越大则表明项目的评价结果越差。

选用熵权—TOPSIS 模型作为评价黄河流域经济带生态环境质量水平和指标权重的确定工具,指标体系见表 1。熵权法是基于信息熵值对指标进行客观赋权的方法,当某指标信息熵值(E_j)越小,说明该指标值离散程度越大,所含信息量越多,权重越大。原 TOPSIS 是一种综合评价方法,其原理是利用原始数据信息,得出评价对象与理想化目标之间差距并排序,以此确定不同方案的优劣程度。熵权—TOPSIS 模型将上述 2 种方法优点进行综合,基于指标客观权重,计算各评价对象与理想目标的欧氏距离及相对接近度,接近度趋于 1,说明评价对象表现越好,反之说明评价对象越差^[11]。评价步骤为:

第 1,指标标准化处理。其中, i 为年份($i=1,2,\dots,n$), j 为指标($j=1,2,\dots,m$), x_{ij}' 为规范化值, x_{ij} 为第 i 个指标第 j 年的原始值。

$$\text{正向指标: } X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } X'_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (2)$$

第 2,确定第 i 个指标在第 j 年的比重(X_{ij})。

$$X_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \quad (3)$$

第 3,计算信息熵(e_j)、差异系数(g_j)和指标权重(w_j)。

$$e_j = -\frac{1}{\ln n_{j-1}} \sum_{i=1}^n (X_{ij} \times \ln X'_{ij}), (0 \leq e_j \leq 1) \quad (4)$$

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (6)$$

第 4,加权算数平均模型。

$$D_j = \sum_{j=1}^m d_{ij} w_j \quad (7)$$

熵权—TOPSIS 模型评价步骤为:

第 1,熵值法对指标进行赋权,构建规范化决策矩阵 $Z = (Z_{ij})_{m \times n}$ 。

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}} \quad j = (1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

加权规范化决策矩阵 V ,其中元素 $V_{ij} = W_j Z_{ij}$

第 2,确定理想解 $V+$ 和负理想解 $V-$ 。

$$V+=(V_{+1},V_{+2},\cdots,V_{+m})=\{\max V_{ij} \mid j=1,2,\cdots,m\}$$

(9)

$$V-=(V_{-1},V_{-2},\cdots,V_{-m})=\{\min V_{ij} \mid j=1,2,\cdots,m\}$$

(10)

第 3,计算每个方案到理想解的距离 $S+i$ 和到负理想解的距离 $S-i$ 。

$$S+i=\sqrt{\sum_{j=1}^m(V_{+j}-V_{ij})^2}$$

(11)

$$S-i=\sqrt{\sum_{j=1}^m(V_{-j}-V_{ij})^2}$$

(12)

第 4,计算求得相对接近度 C 。

$$C=\frac{S_i}{S+i+S-i}$$

(13)

表 1 黄河流域经济带生态环境绩效评估指标体系

系统层	准则层	指标层	属性	单位
工业生态环境	工业生产环境	万元工业增加值工业废水排放量	负	t/万元
		万元工业增加值工业废气排放量	负	亿 m ³ /万元
		万元工业增加值工业固体废物产生量	负	t/万元
	工业治理环境	工业废水治理设施处理能力	正	万 t/日
		工业废气治理设施处理能力	正	万 m ³ /h
		工业固体废物处理率	正	%
农业生态环境	农业生产环境	每公顷耕地面积化肥施用量	负	t/hm ²
		每公顷耕地面积农药使用量	负	t/hm ²
	农业治理环境	有效灌溉面积占耕地面积比重	正	%
		节水灌溉面积占耕地面积比重	正	%
生活生态环境	生活消费环境	人均城镇生活污水排放量	负	t/人
		每吨生活污水排放量中化学需氧量含量	负	kg/人
		每吨生活污水中氨氮含量	负	kg/人
	生活宜居环境	建成区绿化覆盖面积	正	%
		城市生活污水处理率	正	%
		生活垃圾无害化处理率	正	%
自然环境	自然环境状态	草原面积占国土面积比重	正	%
		湿地面积占国土面积比重	正	%
	自然环境修复	森林覆盖率	正	%
		自然保护区占国土面积比重	正	%
		水土流失治理面积占国土面积比重	正	%

(2)生态效率评估方法。生态效率是生产活动中增加的经济价值与带来的环境负荷的比值^[12]。分别从生产与消费角度测度不同产业部门绿色高质量发展水平,评估体系见表 2。本文运用非径向、非角度 SBM 模型,相较于传统 DEA 模型,SBM 模型目标函数在原有的基础上加入投入、产出 2 项弛豫变量,进而能够避免由于弛豫所产生的无效率问题。除此之外,非径向、非角度的 SBM 模型具有无量纲性和非角度的特点,能够有效避免量纲不同和角度选择偏差对最终测算结果产生的不利影响,因此该模型比其他模型能更好地体现出生态效率评估的实质,结果更加科学合理^[13]。

文中假设共有 n 个决策单元(DMU),每个决策单元均使用 m 种投入,获得 q_1 种期望和 q_2 种非期望产出。其中,投入指标向量为 $x=(x_1,x_2,\cdots,x_m)\in R_{+m}$ 、期望产出投入指标向量为 $y=(y_1,y_2,\cdots,y_{q_1})\in R_{+q_1}$ 、非期望产出指标向量为 $b=(b_1,b_2,\cdots,b_{q_2})\in R_{+q_2}$,且 $x>0,y>0$ 和 $b>0$ 。则规模报酬不变情况下的生产可能即为^[14]:

$$P(x)=\{(y,b)|x \text{ 产出}(y,b),x\geqslant\lambda X,y\leqslant\lambda Y,b\geqslant\lambda B,\lambda\geqslant 0\}$$

(14)

式中: $X=[x_1,x_2,\cdots,x_n]\in R_m\times n;Y=[y_1,y_2,\cdots,y_n]\in R_{q_1}\times n;B=[b_1,b_2,\cdots,b_n]\in R_{q_2}\times n$ 为投入、期望产出和非期望产出的 SBM 模型:

$$SBM=\left\{\begin{aligned} \min \rho &= \frac{1-\frac{1}{m}\sum_{i=1}^m(\frac{S-i}{x_{ik}})}{1+\frac{1}{q_1+q_2}(\sum_{r=1}^{q_1}\frac{S+r}{y_{rk}}+\sum_{z=1}^{q_2}\frac{Sb-z}{b_{zk}})} \\ s.t. x_{ik} &= \sum_{j=1}^m x_{ij}\lambda_j + S-i \\ y_{rk} &= \sum_{j=1}^{q_1} y_{rj}\lambda_j - S+r \\ b_{zk} &= \sum_{j=1}^{q_2} b_{zj}\lambda_j + Sb-z \\ \lambda_j &\geqslant 0, j=1,2,\cdots,n; S-i \geqslant 0, i=1,2,\cdots,m \\ S+r &\geqslant 0, r=1,2,\cdots,q_1; Sb-z \geqslant 0, z=1,2,\cdots,q_2 \end{aligned}\right.$$

(15)

式中: ρ 为效率值; $S-i$ 、 $S+r$ 和 $Sb-z$ 分别为投入、期望产出和非期望产出的弛豫变量。

表 2 黄河流域经济带生态效率评估体系

要素	指标	单位
一般投入	年末就业人口	万人
	固定资产投资额	亿元
	能源消费总量(煤)	万 t
期望产出	地区生产总值	亿元
	废水排放总量	万 t
非期望产出	二氧化硫排放量	万 t
	一般工业固体废物产生量	万 t

(3)绿色全要素生产率评估。绿色全要素生产率是衡量黄河流域经济带生态环境绩效评估的重要指标。Global Malmquist-Luenberger(GML)指数属于数据包络分析中的一种较好的方法。假设有 n 个决策单元,每个决策单元均使用 m 种投入,获得 q_1 种期望和 q_2 种非期望产出。其中,投入指标向量为 $x=(x_1, x_2, \dots, x_m) \in R^+$ 、期望产出投入指标向量为 $y=(y_1, y_2, \dots, y_{q_1}) \in R^+$ 、非期望产出指标向量为 $b=(b_1, b_2, \dots, b_{q_2}) \in R^+$ 。则当期生产可能集表示为^[15]:

$$Pt(x)=\{(yt, bt) | xt \text{ 产出 } (yt, bt), t=1, 2, \dots, T\} \quad (16)$$

此时,可将全局生产可能集定义为^[17]:

$$PG(x)=P1(x1) \cup P2(x2) \cup \dots \cup PT(xT) \quad (17)$$

因此,基于全局生产可能集的 GML 指数计算公式为:

$$\begin{aligned} GML_{t,t+1}(xt, yt, bt, xt+1, yt+1, bt+1) &= \\ &= \frac{1+DG(xt, yt, bt)}{1+DG(xt+1, yt+1, bt+1)} \times \\ &= \frac{1+Dt(xt, yt, bt)}{1+Dt+1(xt+1, yt+1, bt+1)} \times \\ &= \frac{1+DG(xt, yt, bt)}{1+Dt(xt, yt, bt)} = \frac{TE_{t+1}}{TE_t} \times \\ &= \frac{1+DG(xt+1, yt+1, bt+1)}{1+Dt+1(xt+1, yt+1, bt+1)} \\ &= \left[\frac{BPG_{t,t+1}}{BPG_t} \right] = EC_{t,t+1} \times BPC_{t,t+1} \quad (18) \end{aligned}$$

式中: $DG(x, y, b) = \max\{\beta | (y + \beta y, b - \beta b) \in PG(x)\}$ 表示全局方向距离函数; $GML_{t,t+1}$ 指数值表示 $t+1$ 时期相对于 t 时期的全要素生产率变动,可以进一步分解为有效变化指数 ($EC_{t,t+1}$) 和技术进步指数 ($BPC_{t,t+1}$)。其中, $GML_{t,t+1}$ 指数取值 >1 、 <1 、 $=1$ 时,分别表示从 t 时期到 $t+1$ 时期的效率提高或降低以及技术进步或退步的情况^[14]。

1.2 研究周期选择与数据来源

由于原始数据需要具备准确、真实、可靠等特征,因此本文将研究起点定为 2012 年,2012—2017 年为

研究周期,探索重大战略确定前后黄河流域经济带生态环境绩效的变化情况。本文指标数据来源于《中国工业统计年鉴》(2013—2018)^[16]、《中国环境统计年鉴》(2013—2018)^[17]、《青海统计年鉴》(2013—2018)^[18]、《四川统计年鉴》(2013—2018)^[19]、《甘肃统计年鉴》(2013—2018)^[20]、《宁夏统计年鉴》(2013—2018)^[21]、《内蒙古统计年鉴》(2013—2018)^[22]、《陕西统计年鉴》(2013—2018)^[23]、《山西统计年鉴》(2013—2018)^[24]、《河南统计年鉴》(2013—2018)^[25]、《山东统计年鉴》(2013—2018)^[26]、《中国农村统计年鉴》(2013—2018)^[27]等。其中,部分数据需要对原始数据进行简单计算后得出。

2 结果与分析

2.1 黄河流域经济带生态环境质量评估方法

由图 1 可知,对比黄河经济带不同区域生态环境质量,上游区域生态环境质量相较于中下游区域最优,下游区域次之,中游区域最差。从 2016 年开始黄河经济带上游区域生态环境质量开始下降,中游区域以及下游区域进步较为缓慢。整体来看,黄河经济带上中下游地区生态环境质量之间的差距正在逐步缩小,上游区域依靠自身高质量的生态环境质量优势可以带动中下游区域不断提高生态环境绩效。

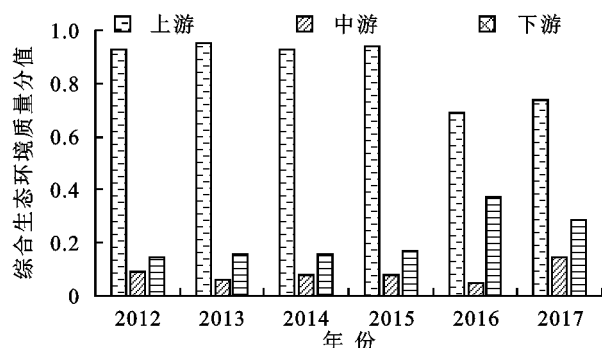


图 1 2012—2017 年黄河流域经济带中下游综合生态环境质量

由表 3 可知,就黄河流域经济带沿线 9 个省份而言,黄河流域经济带各个省份之间的生态环境质量差异较大,仅有山西和山东 2 省份整体属于增长态势,其余省份的生态环境质量有不同程度的下滑。内蒙古综合生态环境相较于其他 8 个省份有较大优势,一直处于黄河流域经济带沿线省份首位。青海、四川、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南和山东 8 省为同一梯队,与内蒙古相比属于较为靠后水平。青海省生态环境质量下降得最为严重,由 2012 年的 0.585 2 下降到 2017 年的 0.292 9。总体来说,黄河流域经济带沿线省份综合生态环境绩效仍然需要不断提升,从而进一步提高自然生态环境状况,缩小黄河沿线 9 省之间的差距,促使其均衡发展。

表 3 2012—2017 年黄河流域经济带 9 省综合生态环境质量

区域	2012 年		2013 年		2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
青海	0.5852	2	0.5845	2	0.6036	2	0.5947	2	0.3451	3	0.2929	3
四川	0.3512	3	0.3687	3	0.3123	4	0.3189	4	0.1785	5	0.1519	5
甘肃	0.2311	5	0.2479	5	0.2570	5	0.2733	5	0.1459	6	0.1259	6
宁夏	0.1279	9	0.1334	9	0.1349	9	0.1349	9	0.0854	7	0.0843	8
内蒙古	0.6702	1	0.6558	1	0.6291	1	0.6458	1	0.5466	2	0.6396	1
陕西	0.1947	6	0.1819	8	0.2187	8	0.1708	8	0.0944	9	0.0744	9
山西	0.1708	8	0.1876	7	0.2224	7	0.1888	7	0.0823	8	0.2079	4
河南	0.1840	7	0.2145	6	0.2425	6	0.2213	6	0.4337	1	0.1136	7
山东	0.3044	4	0.3018	4	0.3402	3	0.3262	3	0.1551	4	0.3258	2

2.2 黄河流域经济带生态效率水平

由图 2 可知,就黄河流域经济带上中下游生态效率水平比较而言,总体来看黄河中游地区和下游地区生态效率水平几乎相同,是黄河流域经济带生态效率最高且最为稳定的地区,起到示范作用,引领黄河流域经济带低碳发展。2012—2014 年上游地区生态效率水平较中游和下游地区较低,在随后 2 年内有较为明显的进步,上升 0.4 个百分点,上中下游地区生态效率水平趋于一致,但又在 2017 年有所下降,下降 0.46 个百分点。

由表 4 可知,就黄河流域经济带沿线 9 个省份的生态效率水平而言,黄河流域经济带各省份之间的差异显著,极化差异明显。四川、山东为第 1 梯队,生态效率水平稳居首位,处于黄河流域经济带的较高水平且非常稳定,经济社会发展的环境代价较小,是黄河流域静待生态效率增长的核心地区。青海、甘肃的生态效率水平处于靠后水平,整体水平偏低,山西和河

南在 2012—2016 年的生态效率水平一直处于黄河流域经济带中下水平,但在 2017 年实现巨大飞跃,位居首位。其余省份生态效率水平波动较大,宁夏、内蒙古、陕西在 2012 年生态效率水平均位于 9 省首位,但在之后几年生态效率水平均有不同程度的下降,2017 年宁夏和内蒙古的生态效率水平又重归首位,但陕西的生态效率水平下降明显,较为落后。

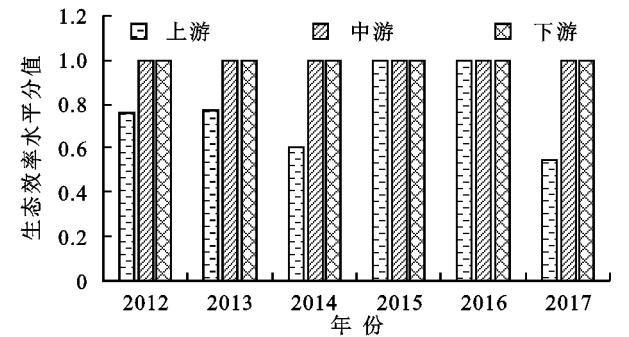


图 2 2012—2017 年黄河流域经济带上中下游生态效率水平

表 4 2012—2017 年黄河流域经济带 9 省生态效率水平

区域	2012 年		2013 年		2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
青海	0.3985	9	0.3848	9	0.3471	9	0.3468	9	0.3614	8	0.3434	9
四川	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
甘肃	0.4926	8	0.5014	7	0.3855	8	0.3609	8	0.3553	9	0.4134	8
宁夏	1.0000	1	1.0000	1	0.3980	7	0.3952	6	0.4726	6	1.0000	1
内蒙古	1.0000	1	0.5094	6	0.4849	5	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
陕西	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	0.5526	7
山西	0.5518	7	0.4775	8	0.4355	6	0.3838	7	0.3661	7	1.0000	1
河南	0.8136	6	0.7588	5	0.6878	4	0.6442	5	1.0000	5	1.0000	1
山东	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1

2.3 黄河流域经济带绿色全要素生产率评估

由图 3 可知,就黄河流域经济带上中下游生态效率水平比较而言,整体而言,黄河流域上中下游地区的绿色全要素生态效率自 2012 年到 2017 年呈现波动上升趋势,上游地区的绿色全要素生态效率较优,在 2017 年达到 1.835 3,平均每年进步 0.123 个百分

点,绿色发展成效显著。中游地区和下游地区的绿色全要素生产率差别不大,分别在 6 年间以年均增长 0.049 和 0.042 个百分点的速度提升。总体来看,黄河沿线上中下游地区绿色全要素生产率差距逐渐增大,中下游绿色发展成效相较于上游地区还有一定距离,需要不断增强绿色技术推广和应用的力度,宣传

绿色低碳生活方式。

由表 5 可知,就黄河流域经济带沿线 9 个省份的生态效率水平而言,四川、陕西和河南 3 个省份的绿色全要素生产率十分稳定,黄河流域经济带其余沿线省份绿色全要素生产率整体上呈现出上升趋势。总体而言,绿色发展成效分化较小,不同省份间差异不明显。

3 提升黄河流域生态环境绩效经济带生态环境绩效的路径与方略

3.1 强化生态系统修复功能

3.1.1 维护生物多样性 加强湿地保护,维护生物多样性。黄河流域经济带地区农业生产中农药、化肥

的过量使用,加之流域水土流失,黄河流域的生物多样性被污染的黄河水所严重影响,据统计^[28],黄河流域内的水生生物近,每年黄河水污染问题所造成的直接经济损失可达百亿元。

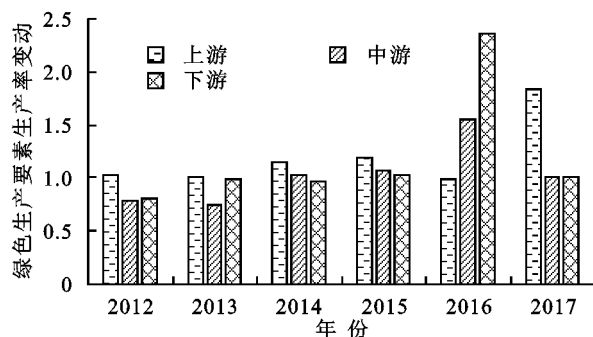


图 3 2012—2017 年黄河流域经济带 9 省绿色全要素生产率变动

表 5 2012—2017 年黄河流域经济带 9 省绿色全要素生产率变动

区域	2013 年		2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
青海	1.0000	1	1.1250	1	1.0000	1	1.1132	2	1.3847	1
四川	1.0000	1	1.0000	2	1.0000	1	1.0000	3	1.0000	6
甘肃	1.0000	1	1.0000	2	0.7422	9	0.7586	9	1.0201	4
宁夏	1.0000	1	1.0000	2	1.0000	1	1.0000	3	1.1286	2
内蒙古	1.0000	1	1.0000	2	1.0000	1	1.0000	3	1.0227	3
陕西	1.0000	1	1.0000	2	1.0000	1	1.0000	3	1.0000	6
山西	0.9513	9	0.8568	9	0.8745	8	1.4727	1	1.0000	6
河南	0.9807	8	0.9999	8	1.0000	1	1.0000	3	1.0000	6
山东	1.0000	1	1.0000	2	1.0000	1	1.0000	3	1.0039	5

首先,建立生态多样性保护的考核机制。采用自评和外部评价相结合的方式,将黄河流域内生态多样性指标纳入政府官员绩效考评,采取“考绩+问责”的模式。其次,稳定自然岸线。生态保护与修复工作是最为重要的环节,因此要注重河口三角洲自然湿地的保护与修复,采用生态流量过程优化管理或者水量调度等方法修复河口生态系统。最后,加强监测生物多样性。全方位、全时段有效监控可能对黄河流域生物多样性产生威胁的各项因素,对生物多样性的变化趋势进行分析,进而掌握生物多样性保护工作的实施情况以便根据实际情况及时调整,洞察生物多样性的潜在威胁因素,建立和优化黄河流域重点物种栖息地和保护区,加强对生物保护,抵御外来物种入侵。

3.1.2 防治水土流失 防治水土流失和改善黄河流域地区生产条件,对黄河流域的绿色发展来说,二者相辅相成,应当齐头并进。根据黄河上中下游、干支流等具体生态环境,因地制宜地制定更加适合黄河流域的整体规划,更高效、全面地促进黄河流域经济带绿色发展。

对于粗泥沙集中来源区可通过建设水土保持植物资源基地,进一步防治水土流失,此外配置符合该地区特征的植物资源加工产业。对于地下化石能源

日渐衰竭的能源化工基地,除了紧抓植被恢复工作,还可以通过建设以植物资源为核心的地上绿色能源基地,促进植被体系的完善。对于黄河流域东北部的沙地、盖沙地和黄河流域东南部的高原沟壑地应分别推动长梗扁桃和翅果油树生态产业基地的建设。促进黄河流域风沙区的畜牧业稳定长效健康发展,应加大该区域植被恢复和草场管理工作,积极种植红豆草、沙打旺等优质牧草。陕西、甘肃、宁夏地区治理的重中之重应放在建设特色经济林上,围绕极具当地特色的核桃、枣、苹果等进行建设^[29]。以保障黄河流域经济带居民安全为前提,采用防治水土流失等一系列生态保护措施,最终目的是要贯彻落实黄河经济带经济生态协同高质量发展。

3.1.3 保护修复森林植被 森林孕育了人类文明,是人类生态文明发展的见证者和载体,是提高黄河流域经济带生态环境的关键点和纽带。黄河自西向东流经 9 省,流域面积广,冬夏季节温差大,中上游多山地,中下游多平原和丘陵,黄河流域内气候和地理特征差异悬殊,显著的空间地域性是其生态环境表象的一大特点^[30]。首先,对植被恢复困难的地区实行植被重建工作。将黄河流域水土流失严重的地区作为植被恢复的重点区域,凝聚强大科研力量,增加资金

投入,专门立项分析该区域在生态环境脆弱、地形破碎等不良条件下植被恢复工作的难点并进行攻关,充分发挥创造性思维,突破常规造林模式的思维定式,将生物与工程措施有机结合,利用现代生产技术,由点及面地向该区域示范防治沙、水土保持、挂网喷浆造林等新型造林技术并积极推广,促进区域生态系统趋于完善,最终达到生态系统正向演替的目标^[31]。其次,对植被低质地区进行植被修复。对黄河流域地区植被评估为低质量地区,在遵循自然规律的前提下,因地制宜提高植被质量,不断增强植被治理生态环境的功效,构建黄河绿色生态屏障。最后,对生态健康地区进行植被保护。黄河流域植被健康发展的地区,根据黄河流域的环境、经济发展等建立一套特殊的自然保护地体系,对植被进行实时监控,实时评估其健康状况,把森林、湿地、物种这三大生态红线牢牢守住。

3.2 促进产业绿色发展

3.2.1 推动工业绿色发展 推动黄河流域发展需要将保护环境、节约资源作为发展前提,同时要确保经济、社会以及生态环境的均衡、和谐、可持续发展。在积极引进国外先进资源节约技术的同时,创新研发适合黄河流域产业的资源节约技术,并且加快资源的回收体系建设以实现资源的循环利用。溯源污染源头,全面开展企业风险源筛查,确定污染物类别、污染强度等,并制定黄河流域内生态环境“黑名单”,对污染超标企业进行整改。需要有规划地进行工业建设与生态恢复工程建设,大力开发新型节能环保类产业,尽可能减少高污染高能耗的落后产业,实现黄河资源合理利用的同时提升各类资源的利用效率^[32]。实现以黄河经济带生态化工业建设为工业发展的核心的高质量发展目标。

3.2.2 优化升级产业结构 黄河流域经济带生态环境绩效提升的抓手在于实现产业向荣发展、经济又好又快增长和生态环境绩效进步三者共同飞跃,帮助当地居民从依靠生态资源消耗高的传统落后产业才能生存的困境中解救出来。首先,要求各区域能够分析黄河流域自然环境、人文资源和民风习俗等特点,运用生态型产业替换高污染的传统工业,推进生态环境高质量建设与保护,从而实现增加生态型产业数量、减少高污染传统工业的发展目标^[33]。其次,优化产业结构、改善能源利用结构。对工业产业进行改造升级,提高煤炭等传统高能耗产业的生态保护能力,提高各类资源循环利用效率。最后,积极建设黄河流域生态工业园区。将多种经济、政策等手段有机结合,推动陕西、山西、内蒙古西部以及宁夏宁东地区的煤炭、天然气生、新型煤化

工等能源化工基地向优发展,该基地已经具备显著规模优势,能够有效维护国家能源安全。宁夏宁东、鄂尔多斯和陕西榆林三地的能源化工产业已经形成集聚区,对黄河流域的经济、生态环境有重大影响,因此加强对该集聚区的环境保护和管理工作的显得尤为重要能够有效促进产业的可持续绿色发展^[22]。

3.2.3 促进农业绿色发展 发展绿色农业不能只是单纯地将大棚建造于戈壁之上,更重要的是运用先进的设备、集成水平高的科学技术,在实现高水平生产能力的同时,有效保护生态环境^[23]。黄河流域应以生态保护为前提,充分发挥自然资源丰富的优势,优先修复生态环境。充分利用高效节水技术、改进施肥方式等措施打造黄河流域经济带绿色农业新招牌^[24-25]。

3.3 完善生态环境顶层制度设计

3.3.1 健全生态补偿机制 生态补偿机制是利用政府与市场2种工具对生态建设工程的投资者进行补偿,并采用一系列政策将保护生态环境纳入到经济发展综合评价指标体系中,以此实现生态保护与经济发展的协同进步,鼓励人们对生态环境保护事业的投资热情,从而实现生态资本的增值^[33]。生态补偿机制的建立健全有利于保护黄河经济带的生态安全,提高生态绩效。

健全生态补偿机制就要以生态优先为基准,在绿色发展过程中秉持以人为本的发展理念,首先需要相关法律法规的确立与完善,因此要求政府根据不同区域的经济发展水平以及不同地域的地理区位和环境条件设立不同标准的生态保护考核指标。在经济高速发展过程中,受益的地区应当对因承担环境保护成本而导致经济发展落后的地区进行补偿。其次,除资金、技术补偿等常规补偿方式外,要探索市场化补偿方式,例如跨区域排污权等。生态补偿资金需要重点流向经济发展较为薄弱的地区,同时要推动上游地区旅游业等环境友好型产业的发展,给予下游地区生态拆迁合并、湿地维护得等建设工程必要的资金、技术以及人力帮助。最后,政府要强化对社会生态环境保护意识的宣传教育,促进社会由以前的“先污染、后治理”的观念转变为“生态优先”的观念。

3.3.2 注重协同发展 协同发展是提高黄河流域经济带生态环境绩效的重要环节。首先,要实现目标协同,即保护生态环境与经济高质量发展2项目标的协同进步。要科学设计并实施国家战略,统筹兼顾生态环境与经济发展,既要保障黄河流域生态安全,还要实现黄河流域经济带各区域经济社会协同发展。其次,实现河江联动。地方政府要向长江经济带等先发地区学习生态保护和经济绿色发展的先发经验,提高

先发地区对黄河流域产业转移^[34],将先发地区的先发经验和黄河流域实际情况相融合,最终形成自己的发展模式。最后,还要实现区域协同。建立健全跨区域的协调机制能够有效解决在生态环境污染、资源浪费、能耗大等方面的困难。统筹协调流域发展的重大问题,综合全面统筹上下游、区域内外以及生产生活之间的关系,统一管理环境保护基础设施建设,整合区域内的开发资源和建设项目,建立一套黄河流域内整体协同发展的系统^[35]。

3.3.3 建立权责明确的责任体系 保护和发展黄河流域经济带,为防止政府和企业之间相互推诿,需要明确政府、企业各自的责任和义务,坚持“谁开发、谁保护,谁利用、谁补偿”的原则。中央政府站在全局、长远发展的角度,基于不同时期经济发展水平以及发展特点出台相应的体制机制与政策,能够同时满足经济健康发展与生态环境保护的要求,并根据时代和情况的变化及时调整和完善,使国家整体利益最优化。地方政府在提高黄河流域经济带生态环境绩效中起主导作用,基于国家大政方针,制定与本区域相适应的政策措施,同时根据本区域实际情况,制定一系列有利于社会进步、环境保护的措施。企业发展在一定程度上会影响经济发展与生态环境。因此,加强对企业的监管是十分有必要的,要让生产经营者的生态环境保护意识贯穿于生产管理的每一个环节。

黄河经济带不同区域的生态环境绩效水平也有所不同,要想进一步提升黄河流域经济带生态环境质量还需立足黄河流域经济带的现实状况,从生态系统修复功能、产业绿色发展和完善生态环境顶层制度设计 3 个方面出发加快推进黄河战略的实施。

4 结论

(1)2012—2017 年,黄河流域经济带生态环境绩效水平总体呈现由较低水平不断提升的趋势,黄河流域沿线 9 省生态环境质量也不断提高,各省份之间的差异逐步缩小。

(2)黄河流域经济带生态绩效各省份之间存在不均衡。各系统层中,黄河沿线九省在生态环境质量和生态效率系统层中有明显差异,生态环境质量系统层中,内蒙古较其他省份有明显优势;生态效率系统层中,四川和山东的生态效率最为稳定,一直位居首位。绿色全要素生产率水平各省之间差异小,发展较为均衡。

(3)黄河流域经济带生态绩效上中下游存在明显不均衡的现象。生态环境质量系统层中,上游地区的最优;生态效率系统层中,中下游地区的生态效率最优且稳定。

参考文献:

- [1] 习近平.在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J].中国水利,2019(20):1-3.
- [2] 于法稳,方兰.黄河流域生态保护和高质量发展的若干问题[J].中国软科学,2020(6):85-95.
- [3] 吴传清,黄磊.演进轨迹、绩效评估与长江中游城市群的绿色发展[J].改革,2017(3):65-77.
- [4] 杨开忠,苏悦,顾芸.新世纪以来黄河流域经济兴衰的原因初探:基于偏离—份额分析法[J].经济地理,2021,41(1):10-20.
- [5] 杨先明,田永晓,马娜.环境约束下中国地区能源全要素效率及其影响因素[J].中国人口·资源与环境,2016,26(12):147-156.
- [6] 文广超,孙世奎,李兴,等.可鲁克湖流域生态环境质量诊断[J].应用生态学报,2021,32(8):2906-2914.
- [7] 王俊能,许振成,胡习邦,等.基于 DEA 理论的中国区域环境效率分析[J].中国环境科学,2010,30(4):565-570.
- [8] 徐勇,王传胜.黄河流域生态保护和高质量发展:框架、路径与对策[J].中国科学院院刊,2020,35(7):875-883.
- [9] 康丽婷,胡希军,罗紫薇,等.县域水生态空间识别及其分布特征[J].水土保持学报,2022,36(1):170-181.
- [10] Lu S B, Bai X, Li W, et al. Impacts of climate change on water resources and grain production[J].Technological Forecasting and Social Change,2019,143:76-84.
- [11] 张扬,姜亚君.基于熵权-TOPSIS 的河南省农业生态环境治理绩效评价[J].南方农业,2021,15(6):196-198.
- [12] 汪晓珍,吴建召,吴普侠,等.2000—2015 年黄土高原生态系统水源涵养、土壤保持和 NPP 服务的时空分布与权衡/协同关系[J].水土保持学报,2021,35(4):114-121.
- [13] 王志平,陶长琪,沈鹏熠.基于生态足迹的区域绿色技术效率及其影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2014,24(1):35-40.
- [14] 胡妍,李巍.区域用水环境经济综合效率及其影响因素:基于 DEA 和 Malmquist 指数模型[J].中国环境科学,2016,36(4):1275-1280.
- [15] Oh D H. A global malmquist—luenberger productivity index[J].Journal of Productivity Analysis,2010(3):183-197.
- [16] 国家统计局.中国工业统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2018.
- [17] 国家统计局.中国环境统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2018.
- [18] 青海统计局.2018 青海统计年鉴[J].北京:中国统计出版社,2018.
- [19] 四川统计局.2018 四川统计年鉴[J].北京:中国统计出版社,2018.
- [20] 甘肃统计局.2018 甘肃统计年鉴[J].北京:中国统计出版社,2018.

- [17] 李琛琛,刘宁,郭晋平,等.氮沉降对华北落叶松叶特性和林下土壤特性的短期影响[J].生态环境学报,2014,23(12):1924-1932.
- [18] 朱瑞芬,唐凤兰,刘杰淋,等.羊草草甸草原土壤微生物量碳氮对短期施氮的响应[J].草地学报,2016,24(3):553-558.
- [19] 吴波波,郭剑芬,吴君君,等.采伐剩余物对林地表层土壤生化特性和酶活性的影响[J].生态学报,2014,34(7):1645-1653.
- [20] Lützow M, Kögel-Knabner I, Ekschmitt K, et al. Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions: A review[J].European Journal of Soil Science, 2006,57(4):426-445.
- [21] Bell C, Carrillo Y, Boot C M, et al. Rhizosphere stoichiometry: Are C : N : P ratios of plants, soils, and enzymes conserved at the plant species-level? [J].New Phytologist,2014,201(2):505-517.
- [22] Saiya-Cork K R, Sinsabaugh R L, Zak D R. The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an *Acer saccharum* forest soil[J]. Soil Biology and Biochemistry,2002,34(9):1309-1315.
- [23] Luce M S, Whalen J K, Ziadi N, et al. Labile organic nitrogen transformations in clay and sandy-loam soils amended with ¹⁵N-labelled faba bean and wheat residues[J]. Soil Biology and Biochemistry,2014,68:208-218.
- [24] Farrell M, Prendergast-Miller M, Jones D L, et al. Soil microbial organic nitrogen uptake is regulated by carbon availability[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2014,77: 261-267.
- [25] 吴越.凋落物和氮添加对罗浮栲林土壤分组碳氮的影响[D].福州:福建师范大学,2019.
- [26] 杨起帆,熊勇,余泽平,等.江西官山不同海拔常绿阔叶林土壤活性氮组分特征[J].中南林业科技大学学报, 2021,41(9):138-147.
- [27] 辛奇,梁楚涛,张娇阳,等.氮添加对白羊草土壤水溶性碳氮及其光谱特征的影响[J].水土保持研究,2017,24(5):93-98,104.
- [28] 吕超群,田汉勤,黄耀.陆地生态系统氮沉降增加的生态效应[J].植物生态学报,2007,31(2):205-218.
- [29] Craine J M, Morrow C, Fierer N. Microbial nitrogen limitation increases decomposition[J]. Ecology, 2007, 88(8):2105-2113.
- [30] Fan Y X, Zhong X J, Lin F, et al. Responses of soil phosphorus fractions after nitrogen addition in a subtropical forest ecosystem: Insights from decreased Fe and Al oxides and increased plant roots[J].Geoderma, 2019,337:246-255.
- [31] Koranda M, Schneckner J, Kaiser C, et al. Microbial processes and community composition in the rhizosphere of European beech the influence of plant C exudates[J].Soil Biology and Biochemistry,2011,43(3): 551-558.
- [32] 张磊,贾淑娴,李啸灵,等.凋落物和根系输入对亚热带米楮天然林土壤有机碳组分的影响[J].水土保持学报,2021,35(3):244-251.
- (上接第242页)
- [21] 宁夏统计局.2018 宁夏统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013—2018.
- [22] 内蒙古统计局.2018 内蒙古统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013—2018.
- [23] 陕西统计局.2018 陕西统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013—2018.
- [24] 山西统计局.2018 山西统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013—2018.
- [25] 河南统计局.2018 河南统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013—2018.
- [26] 山东统计局.2018 山东统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013—2018.
- [27] 国家统计局农村社会经济调查司.中国农村统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2013—2018.
- [28] 鲁仕宝.珍爱湿地 促进人与自然和谐共生[EB/OL]. [2022-11-05] https://news.cnr.cn/comment/sp/20221105/t20221105_526052109.shtml.
- [29] 姚文艺,焦鹏.黄河流域水土保持综合治理空间均衡性分析[J].水土保持学报,2023,37(1):1-7.
- [30] 杨开忠,董亚宁.黄河流域生态保护和高质量发展制约因素与对策:基于“要素—空间—时间”三维分析框架[J].水利学报,2020,51(9):1038-1047.
- [31] 金凤君,马丽,许堞.黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断与优化路径识别[J].资源科学,2020,42(1): 127-136.
- [32] 郭付友,佟连军,仇方道,等.黄河流域生态经济走廊绿色发展时空分异特征与影响因素识别[J].地理学报, 2021,76(3):726-739.
- [33] 金凤君.黄河流域生态保护与高质量发展的协调推进策略[J].改革,2019(11):33-39.
- [34] 张贡生.黄河流域生态保护和高质量发展:内涵与路径[J].哈尔滨工业大学学报, 2020,22(5):119-128.
- [35] 吴平.打好“三大攻坚战”“污染防治与环保制度创新”系列笔谈之二:生态补偿的实际运作观察[J].改革, 2017(10):71-74.