

# 黄河流域高碳行业上中下游耦合协调度研究

## ——基于2005~2022年省级面板数据的实证分析

朱海燕

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年1月14日; 录用日期: 2024年2月4日; 发布日期: 2024年4月11日

### 摘要

在加快黄河流域高质量发展的背景下, 构建黄河流域高碳行业协同效应评价体系。运用熵值法和耦合协调度模型, 对黄河流域高碳行业的上、中、下游进行协同效应分析。结果表明, 各省之间差异明显, 总体评分呈增长趋势, 呈现出中下游强、上游次之的区域格局; 高碳行业的协调性目前处于勉强协调的水平, 许多省份在耦合协调度方面存在明显短板。最后, 提出促进黄河流域高碳行业上、中、下游协调发展的策略规划和具体措施。

### 关键词

黄河流域, 熵值法, 高碳行业, 指标体系, 耦合协调度

# Research on the Coupling and Coordination Degree of Upstream, Midstream and Downstream of High Carbon Industries in the Yellow River Basin

—An Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data from 2005 to  
2022

Haiyan Zhu

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Jan. 14<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 4<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 11<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In the context of accelerating the high-quality development of the Yellow River Basin, an evaluation system for the synergistic effect of high-carbon industries in the Yellow River Basin should be constructed. The entropy method and coupling coordination model were used to analyze the synergistic effects of the upstream, midstream and downstream of high-carbon industries in the Yellow River Basin. The results showed that there were obvious differences among provinces, and the overall score showed an increasing trend, showing a regional pattern of strong middle and lower reaches, followed by upper reaches. The coordination of high-carbon industries is currently at a level of barely coordinated, and many provinces have obvious shortcomings in terms of coupling and coordination. Finally, the strategic planning and specific measures to promote the coordinated development of high-carbon industries in the Yellow River Basin are proposed.

## Keywords

Yellow River, Entropy Method, High-Carbon Industry, Indicator System, Coupling and Coordination

Copyright © 2024 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

2023年4月6日发布的《黄河流域发展蓝皮书：黄河流域高质量发展及大治理研究报告(2022)——黄河流域碳达峰》聚焦黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略，重点阐述黄河流域碳达峰的总体要求。数据显示，沿黄九省电力、热力等行业是碳排放量最大的行业，黄河流域碳排放量占全国的比重超1/3。据中国碳核算数据库(CEADs)，黄河流域煤炭消费产生的碳排放量高于全国其他地区。山西和内蒙古的原煤碳排放占比高达90%以上，宁夏、河南、陕西的原煤碳排放占比高达80%以上。因此，分析黄河流域高碳行业低碳化[1]和高碳行业的协同具有重要意义。

学者们在黄河流域产业结构优化方面进行了研究，有人采用SBM模型估计绿色发展效率，并基于耦合协调度模型和面板Tobit模型对黄河流域产业结构升级与绿色发展效率的耦合协调度及其影响因素进行分析[2][3]。其中耦合协调度模型[4]有可以综合考虑多个系统之间的相互作用的优点，因而被广泛用于各个系统之间关系当中。在黄河流域协同方面，有学者用固定效应模型，从横向角度看黄河流域制造业高质量发展水平整体不高[5]，有学者用耦合协调度模型对黄河流域创新生态系统的协同水平进行测度，结果黄河流域创新生态系统协同水平存在空间不平衡的现象[6]。鉴于此，通过构建2005~2022年黄河流域高碳行业协同效应指标体系，选择黄河流域高碳行业上游、中游和下游发展水平为三个子系统，采用耦合协调度模型，讨论黄河流域高碳行业上中下游之间的协调，并提出对策建议。

## 2. 研究方法和模型设定

### 2.1. 黄河流域高碳行业协同效应评价指标体系构建

黄河流域经济带覆盖了多个城市，这些城市的GDP基础、人口等因素各不相同。为了准确测算黄河流域高碳行业的协同效应水平，这里选择三个维度作为二级指标：黄河流域高碳行业上游发展水平、黄

河流域高碳行业中游发展水平和黄河流域高碳行业下游发展水平。从黄河流域产业链[7]的角度出发,这里将黄河流域的高碳行业划分为上、中、下游三个部分。针对高碳行业上游产业,这里选择原煤、原油、天然气等产量作为三级指标;对于高碳行业中游产业,这里选择水泥、焦炭、农用氮磷钾化肥产量、火力发电量和天然气供气总量作为三级指标;而对于高碳行业下游产业,这里选择建筑业总产值、汽车产量、集中供热面积、汽油、煤油和柴油的产量作为三级指标。一共选取 17 项具体指标,具体黄河流域高碳行业上游中游和下游发展水平的评价指标体系建立如表 1 所示。

在构建指标体系后,这里首先对 2005 年至 2022 年黄河流域九省所有指标的初始数据进行归一化处理[8],以解决不同指标单位不统一的问题。在进行后期数据分析之前,为确保研究结果的针对性和准确性,这里采用熵值法对各项指标数据进行赋权[9],以避免主观设置权重的影响,从而保证计算过程的科学性和随机性。

**Table 1.** Evaluation index system of synergies in high-carbon industries in the Yellow River Basin

**表 1.** 黄河流域高碳行业协同效应评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	权重
黄河流域高碳行业协同效应	黄河流域高碳行业上游发展水平	X1 原煤产量(万吨)	0.118
		X2 原油产量(万吨)	0.094
		X3 天然气产量(亿立方米)	0.093
		X4 生铁电量(万吨)	0.042
		X5 粗钢产量(万吨)	0.040
		X6 钢材产量(万吨)	0.043
	黄河流域高碳行业中游发展水平	X7 水泥产量(万吨)	0.031
		X8 焦炭产量(万吨)	0.043
		X9 农用氮磷钾化肥(万吨)	0.026
		X10 火力发电量(亿千瓦时)	0.031
		X11 天然气供气总量(亿立方米)	0.032
	黄河流域高碳行业下游发展水平	X12 建筑业总产值(亿元)	0.051
		X13 汽车产量(万辆)	0.079
		X14 集中供热面积(亿平方米)	0.053
		X15 汽油产量	0.072
		X16 煤油产量	0.074
		X17 柴油产量	0.079

## 2.2. 熵值法

在多指标评估问题中,确定各个指标的权重是一个关键问题。传统的主观赋权方法往往受到专家经验和主观判断的影响,而客观赋权方法则可以避免这些问题。熵值法作为一种客观赋权方法,已经在多个领域得到广泛应用。在本研究中,这里采用熵值法对黄河流域高碳行业协同效应的权重予以赋值。具体而言,这里选择如表 1 所示共 17 个指标,并收集黄河流域九个省 2005 年到 2022 年的数据。首先对每

一年的数据进行标准化处理，然后按照熵值法的步骤进行计算，得到各个指标的权重。具体步骤如下：

1) 设指标初始值为  $X = \{X_{ij}\}$ ，这里  $X_{ij}$  表示第  $t$  年第  $i$  省第  $j$  项指标的原生值。为消除不同指标之间的量纲影响，需要对变量指标的原始数值进行标准化处理。

正向指标：

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} + 0.0001 \quad (1)$$

负向指标：

$$X'_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} + 0.0001 \quad (2)$$

式中， $\max(X_{ij})$  和  $\min(X_{ij})$  分别表示  $X_{ij}$  的最大值和最小值，其中  $t=1,2,\dots,k$ ； $i=1,2,\dots,m$ ； $j=1,2,\dots,n$ ，但是在本研究中，黄河流域高碳行业协同效应的指标被认为都是正向指标，所以只对所有指标数值进行公式(1)的运算即可。

2) 指标同度量化。计算第  $t$  年第  $i$  个省第  $j$  项指标值的比值  $P_{ij}$ 。

$$P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^m X'_{ij}} \quad (3)$$

3) 计算第  $j$  项指标的熵值  $E_j$ 。

$$E_j = -\frac{1}{\ln(km)} \sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (4)$$

4) 计算第  $j$  项指标的熵冗余度  $D_j$ ，即差异性系数。

$$D_j = 1 - E_j \quad (5)$$

5) 计算第  $j$  项指标的权重  $W_j$ 。

$$W_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad (6)$$

6) 计算各省得分  $Z_{ii}$ 。

$$Z_{ii} = W_j P_{ij} \quad (7)$$

这一步可以得到黄河流域高碳行业上中下游的发展情况。

### 2.3. 耦合协调度模型

首先，用主成分分析方法[10]评估“黄河流域高碳行业协同效应”各子系统发展水平，计算公式是：

$$T = \alpha\mu_t + \beta\mu_m + \delta\mu_b \quad (8)$$

式中： $\alpha\mu_t$ 、 $\beta\mu_m$ 、 $\delta\mu_b$  分别代表黄河流域高碳行业上游、中游和下游发展水平， $T$  为协同效应综合发展指， $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\delta$  为待确定的权重，且满足  $\alpha + \beta + \delta = 1$ 。在现阶段的研究中，考虑到高碳行业的上游行业如煤炭、石油等化石能源的开采和生产对于整个行业的重要性更大，因此赋予其更高的权重[11]，取  $\alpha = 0.34$ ，

$\beta = \delta = 0.33$ 。然后计算耦合度，建立多个系统相互作用的耦合度模型，即  $C_n = n \left[ \frac{\mu_1 \times \mu_2 \times \dots \times \mu_n}{\prod_{i \neq j} (\mu_i + \mu_j)} \right]^{\frac{1}{n}}$ 。其

中， $\mu_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  是各个子系统的评价函数。 $n = 3$ ，令  $\mu_1 = \mu_l, \mu_2 = \mu_m, \mu_3 = \mu_p$ ，由此推导出黄河流域高碳行业协同效应耦合度模型为  $C = n \left[ \frac{\mu_l \times \mu_m \times \mu_p}{(\mu_l + \mu_m) \times (\mu_l + \mu_p) \times (\mu_m + \mu_p)} \right]^{\frac{1}{3}}$ 。最后引入耦合协调模型，它

的公式是  $D = \sqrt{C \times T}$ 。在这个式子中： $D$  是耦合协调度； $T$  为黄河流域高碳行业上中下游协同发展指数； $C$  为耦合度。为了更清楚地了解协调度所处的发展阶段，这里采用一种均匀分布函数法[11]来对其进行评估。通过这种方法，这里可以更加准确地确定协调度的具体情况，从而为进一步的决策和行动提供有力的支持。具体 9 个等级的耦合协调划分标准如表 2 所示。

**Table 2.** Hierarchical classification of coupling coordination

**表 2.** 耦合协调度的等级分类

耦合协调度	0~0.09	0.10~0.19	0.20~0.29	0.30~0.39	0.40~0.49
协调等级	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调
耦合协调度	0.50~0.59	0.60~0.69	0.70~0.79	0.80~0.89	0.90~1.00
协调等级	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

### 3. 结果分析

#### 3.1. 黄河流域高碳行业协同效应综合测度结果

如表 3 所示，展示了黄河流域高碳行业从 2005 年到 2022 年的协同发展水平。从整个黄河流域来看，高碳行业协同效应的均值在这期间一直呈上升趋势，从 2005 年的 0.078 上升到 2022 年的 0.286。这一趋势表明，黄河流域高碳行业的协同发展水平在不断提高。这种上升趋势可能是由于技术进步、政策支持等多种因素的综合作用。随着技术的不断创新和应用，高碳行业的能源效率得到显著提高，减少了碳排放。同时，政府出台的一系列环保政策和激励措施也促进了高碳行业的转型升级。此外，市场对低碳产品和服务的需求逐渐增加，也推动了高碳行业向更加可持续的方向发展。然而，尽管均值呈上升趋势，但仍处于较低水平，这意味着黄河流域高碳行业协同发展仍有很大的进步空间。

**Table 3.** Measurement table of the level of coordinated development of provinces in the Yellow River Basin

**表 3.** 黄河流域各省协同发展水平测度表

年份	山西省	内蒙古自治区	山东省	河南省	四川省	陕西省	甘肃省	青海省	宁夏回族自治区	均值	变异系数
2005	0.090	0.031	0.237	0.086	0.089	0.098	0.043	0.016	0.009	0.078	0.885
2006	0.103	0.038	0.269	0.102	0.093	0.115	0.047	0.019	0.010	0.088	0.885
2007	0.113	0.048	0.297	0.124	0.109	0.138	0.049	0.024	0.011	0.102	0.854
2008	0.104	0.052	0.318	0.126	0.108	0.160	0.049	0.026	0.013	0.106	0.876
2009	0.110	0.062	0.358	0.148	0.120	0.195	0.053	0.027	0.013	0.121	0.883
2010	0.123	0.068	0.405	0.158	0.142	0.232	0.051	0.029	0.017	0.136	0.897

续表

2011	0.137	0.080	0.416	0.175	0.158	0.247	0.061	0.031	0.020	0.147	0.849
2012	0.149	0.128	0.462	0.185	0.168	0.276	0.066	0.035	0.027	0.166	0.819
2013	0.251	0.099	0.496	0.208	0.198	0.292	0.080	0.040	0.033	0.189	0.787
2014	0.243	0.189	0.540	0.228	0.195	0.357	0.083	0.044	0.041	0.213	0.750
2015	0.242	0.185	0.552	0.216	0.208	0.353	0.082	0.041	0.043	0.214	0.761
2016	0.233	0.181	0.605	0.230	0.229	0.346	0.078	0.042	0.044	0.221	0.797
2017	0.248	0.195	0.616	0.226	0.257	0.378	0.085	0.043	0.047	0.233	0.779
2018	0.276	0.204	0.602	0.232	0.260	0.398	0.090	0.043	0.049	0.239	0.749
2019	0.302	0.234	0.572	0.238	0.291	0.412	0.094	0.048	0.049	0.249	0.696
2020	0.325	0.235	0.589	0.242	0.300	0.414	0.116	0.047	0.049	0.257	0.686
2021	0.348	0.289	0.603	0.239	0.323	0.391	0.122	0.046	0.057	0.268	0.662
2022	0.363	0.309	0.656	0.238	0.331	0.436	0.129	0.046	0.063	0.286	0.681
均值	0.209	0.146	0.477	0.189	0.199	0.291	0.077	0.036	0.033		
变异系数	0.446	0.614	0.284	0.277	0.407	0.386	0.347	0.283	0.544		

从空间上看,各省的高碳行业协同发展状况差异较大(见图1),山东省的高碳行业协同发展程度远远高于其他省份,2022年高碳行业协同发展指数已经达到0.656,而其他省份均低于0.6。其次,黄河流域高碳行业协同发展较好的省是陕西省,2022年的协同指数达到0.436。宁夏回族自治区、青海省在2005年的高碳行业协同发展指数分别为0.009和0.016,远远低于其他省份。在2005年到2012年期间,变异系数相对较高波动较大,表明这一时期黄河流域高碳行业协同效应的离散程度较大,意味着这一阶段高碳行业协同效应的不稳定性较高;而在2013年到2022年期间,变异系数相对较低,说明协同效应的离散程度较小,变异系数相对较为平稳,表明高碳行业协同效应的稳定性有所提高[12]。较高的变异系数可能意味着行业内企业之间的协同程度差异较大,市场竞争较为激烈;而较低的变异系数可能表明行业内企业之间的协同程度相对较为一致,市场竞争相对较稳定。

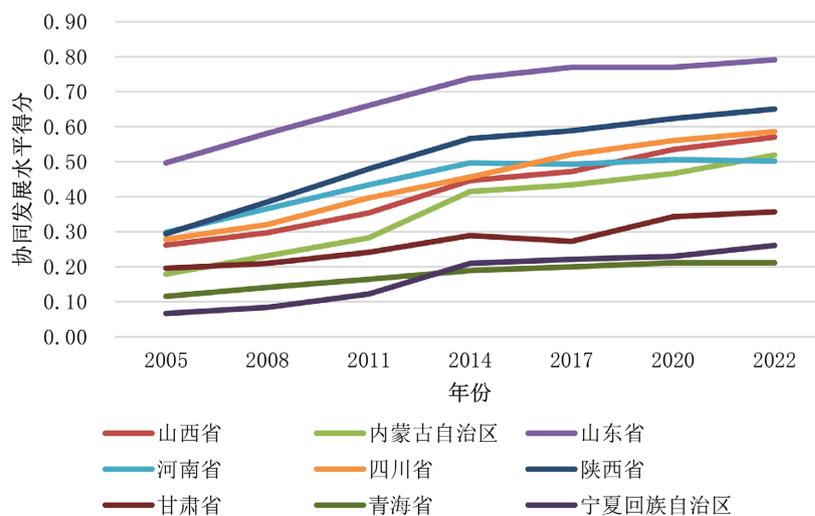


Figure 1. Coordinated development level map of provinces in the Yellow River Basin  
图1. 黄河流域各省协同发展水平图

### 3.2. 黄河流域高碳行业协同程度各子系统测度结果

如表 4 所示是黄河流域各省高碳行业协同发展各子系统 2005~2022 年的均值。可以看出，黄河流域各省高碳行业协同发展均存在一定程度的短板：山东省和陕西省的高碳行业协同发展水平虽然相对较高，但是其黄河流域高碳行业上中下游发展水平不匹配，这阻碍了其进一步发展。青海省和宁夏回族自治区两省的高碳行业上中下游水平均较低，导致其高碳行业协同发展水平也较低。山西省和内蒙古自治区两省高碳行业上游和中游发展水平较高，但是其高碳行业下游水平阻碍了发展。河南省和四川省高碳行业中游发展水平较高，但是其上游和下游水平阻碍了发展。

**Table 4.** The mean values of each subsystem at the level of coordinated development in the Yellow River Basin

**表 4.** 黄河流域各省协同发展水平各子系统均值表

省份	黄河流域高碳行业上游	黄河流域高碳行业中游	黄河流域高碳行业下游
山西省	0.267	0.439	0.056
内蒙古自治区	0.184	0.276	0.054
山东省	0.380	0.581	0.538
河南省	0.129	0.391	0.171
四川省	0.188	0.343	0.152
陕西省	0.390	0.246	0.205
甘肃省	0.043	0.092	0.107
青海省	0.039	0.094	0.009
宁夏回族自治区	0.015	0.089	0.029

**Table 5.** Temporal trend of coupling coordination degree in each province in the Yellow River Basin

**表 5.** 黄河流域各省耦合协调度时间趋势的测算结果

	2005	2008	2011	2014	2017	2020	2022
山西省	0.26	0.30	0.35	0.45	0.47	0.53	0.57
内蒙古自治区	0.18	0.23	0.28	0.41	0.43	0.47	0.52
山东省	0.50	0.58	0.66	0.74	0.77	0.77	0.79
河南省	0.30	0.37	0.43	0.50	0.49	0.51	0.50
四川省	0.28	0.32	0.40	0.46	0.52	0.56	0.59
陕西省	0.29	0.39	0.48	0.57	0.59	0.62	0.65
甘肃省	0.20	0.21	0.24	0.29	0.27	0.34	0.36
青海省	0.12	0.14	0.16	0.19	0.20	0.21	0.21
宁夏回族自治区	0.07	0.08	0.12	0.21	0.22	0.23	0.26

### 3.3. 耦合协调度的测算结果

基于黄河流域 2005~2022 年省级面板数据，利用耦合协调度模型测算黄河流域高碳行业上游、中游和下游之间的变化趋势，如表 5 所示。首先，整体来看，在考察的时间范围内，2020 年左右黄河流域高碳行业上游、中游和下游耦合协调度值超过 0.5 的省份刚过半，说明整个黄河流域高碳行业上中下游之

间协调性中等，处于勉强协调状态。到了 2022 年，仅有甘肃省、青海省和宁夏回族自治区的耦合协调度低于 0.5，影响了整个黄河流域高碳行业上中下游的协同发展。其次，从各个省份来看，考察期内山东省耦合协调度最高，达到了 0.79，目前处于中级协调程度；其次是陕西省、四川省和山西省耦合协调度较高，高碳行业上游、中游和下游发展程度处于相对较优水平，基本上都是 0.5 以上，目前都处于勉强协调。最后，短板方面[13]在个别省份的耦合协调度有明显体现。山西省和内蒙古自治区高碳行业下游发展水平较低，拉低了高碳行业上中下游的整体协调度；河南省和四川省虽然高碳行业中游发展水平较高，但是上游和下游水平较低，成为高碳行业上中下游协调系统的短板方面。

根据 2005~2022 年各省的耦合协调度指数绘制折线图，进行动态比较，如图 2 所示。

通过折线图直观观察耦合协调度指数的变化发现，2005~2022 年各省耦合协调度指数变化幅度较小，在平稳发展中逐步上升；其次，各省之间的耦合协调度指数差距相当明显，说明黄河流域高碳行业的发展仍然不均衡，两极分化现象比较严重；经济发展水平中上等的地区耦合协调度较为接近，且耦合协调度较高；而经济水平发展缓慢的地区耦合协调度的差异对比比较明显，比如甘肃省、青海省和宁夏回族自治区。

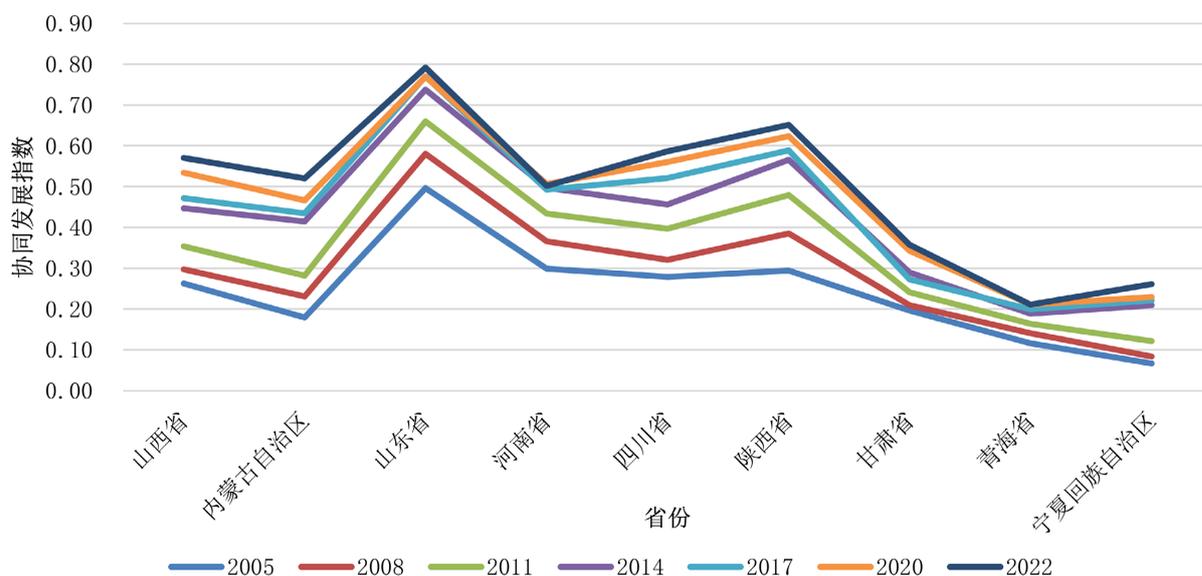


Figure 2. Collaborative development index of high-carbon Industries in the Yellow River Basin from 2005 to 2022  
图 2. 2005~2022 年黄河流域九省高碳行业协同发展指数

#### 4. 结论与建议

首先构建一个黄河流域高碳行业协同效应指标体系，其次对黄河流域九省 2005~2022 年的高碳行业上中下游的原生值进行归一化处理，然后得到权重矩阵，即用熵值法给协同指标体系赋权，接着将归一化值和每个指标的权重相乘后再累加，就得到各省协同发展指数。原始数据进行标准化处理，然后对协同指标体系通过熵值法赋予权重，得到权重矩阵。再将各指标的权重与标准化值相乘再累加即为各省的协同发展指数，最后进行耦合协调度测算。结果显示，黄河流域高碳行业协同发展水平逐渐提升，大部分省的发展质量较高以及速度较快；黄河流域省与省之间高碳行业协同发展水平差距在逐步缩小，但是区域差异明显，黄河流域中下游地区高碳行业协同发展水平较高，黄河流域上游地区较为落后，呈现出地区分化现象。因此为实现黄河流域高碳行业的协同，需从以下四个方面进行改进：

1) 黄河流域高碳行业上游可以与下游企业合作，建立合作伙伴关系，共同制定碳减排目标和计划。

比如石油开采公司可以与石油精炼公司合作，共同开发和应用更节能的开采和提炼技术，以减少碳排放[14]。黄河流域高碳行业中下游企业可以与上游企业合作，共同推动可再生能源的使用。电力公司可以与风力发电设备制造商合作，共同推广风力发电，减少对传统化石燃料的依赖。

2) 上游企业可以加大研发投入，推动技术创新和共享，开发更低碳排放的生产工艺和技术。煤炭开采企业可以研发和应用更清洁的采煤技术，减少甲烷等温室气体的排放。中下游企业可以积极采用上游企业的创新技术[15]，提高自身的能源效率和碳排放绩效。钢铁制造商可以采用更高效的炼钢技术，减少能源消耗和碳排放。

3) 上中下游企业可以共同优化供应链，优化供应链管理，减少物流和运输过程中的碳排放。采用更节能的运输方式，如铁路或水路运输以减少碳排放。企业可以利用数字化技术[16]，如物联网和大数据分析，优化供应链的运作，提高效率，减少碳排放。

4) 政府可以出台相关政策和激励措施，加强政策引导和支持，引导上中下游企业积极参与协同减排，加大对低碳产业市场监督管理的力度[17]。这包括提供财政奖励、税收优惠等，以鼓励企业投入减排行动。或者建立碳定价机制，政府可以引入碳定价机制，如碳税或碳交易制度，以促使企业将碳排放成本纳入考虑，倒逼企业减少碳排放。企业可以通过参与碳交易市场，购买或出售碳排放配额，激励自身减少碳排放，并推动整个行业的减排行动。

## 参考文献

- [1] 高广阔. 低碳化经济体制下的产业结构调整[J]. 电力与能源, 2012, 33(5): 405-409.
- [2] 何剑, 王欣爱. 区域协同视角下长江经济带产业绿色发展研究[J]. 科技进步与对策, 2017, 34(11): 41-46.
- [3] 郭安宁, 陈晓, 李冕. 黄河流域碳排放效率与产业结构优化耦合协调分析[J]. 地域研究与开发, 2023, 42(5): 134-139.
- [4] 许卫华, 张力仁, 崔晶晶, 赵西三. 黄河流域现代产业体系耦合协同水平测度及其时空演变[J]. 地域研究与开发, 2023, 42(2): 1-6+13.
- [5] 闫丽霞, 韩盼盼. 黄河流域制造业高质量发展水平测度及影响因素研究[J]. 科技和产业, 2023, 23(12): 230-236.
- [6] 吴艳霞, 杨帅帅, 陈步宇. 黄河流域创新生态系统协同演化机制及障碍因子研究[J]. 人民黄河, 2023, 45(6): 1-6.
- [7] 曲永义. 以产业链协同推动黄河流域生态保护和高质量发展[J]. 城市与环境研究, 2023(1): 3-7.
- [8] 马晓语, 张焯. 中国省际包容性增长评价——基于熵值法[J]. 科技和产业, 2022, 22(2): 113-118.
- [9] 王思秀, 梁晓贞. 黄河流域产业结构升级与绿色发展效率的耦合协调研究[J]. 河南科技学院学报, 2023, 43(9): 9-16+45.
- [10] 高志刚. 基于主成份分析的区域产业结构转换能力评价——以新疆为例[J]. 生产力研究, 2003(1): 151-152+165. <https://doi.org/10.19374/j.cnki.14-1145/f.2003.01.055>
- [11] 邓铃钰. 长江经济带高碳产业低碳化与低碳产业增长路径分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(3): 1-3. <https://doi.org/10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.03.001>
- [12] 魏艳艳, 马雪. 中部六省数字经济发展水平测度与分析[J]. 产业创新研究, 2022(23): 18-20.
- [13] 尚杰, 张馨悦. “短板效应”下山东省农业绿色生产效率研究[J]. 商业经济, 2021(2): 109-112+167. <https://doi.org/10.19905/j.cnki.syj1982.2021.02.039>
- [14] 吕志祥, 李瑞花. 黄河流域碳达峰碳中和协同实现路径研究[J]. 甘肃开放大学学报, 2023, 33(1): 59-64+76.
- [15] 孙曼, 宋涛. 甘肃省黄河流域科技创新与产业发展时空格局及协同发展模式[J]. 中国沙漠, 2021, 41(4): 140-151.
- [16] 罗巍, 冉巧丹, 程遂营. 黄河流域产业数字化协同演化格局与驱动路径[J]. 人民黄河, 2023, 45(6): 13-17+31.
- [17] 赵瞳. 黄河流域协同治理存在的突出问题及其破解[J]. 学习论坛, 2023(3): 109-115.