黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调：评价与趋势

孙继琼[1]

【摘 要】构建黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调评价指标体系，对2006—2019年黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调度进行测度，并运用灰色GM（1，1）模型对耦合协调度进行预测。结果显示：（1）黄河流域生态保护指数和高质量发展指数均呈现日益提升的变化趋势,生态保护与高质量发展关系经历了从“发展滞后”到“保护滞后”的转变；（2）耦合度呈现“先下降后上升”的演化态势，耦合关系处于拮抗阶段；（3）耦合协调度日益提升，呈现从“失调”向“协调”的转变趋势，区域层面表现出从“上游当先”向“中游超越”再向“下游领衔”的演进路径；（4）预测结果显示，黄河流域耦合协调度在2022年突破0.8，进入良好协调状态。

【关键词】生态保护 高质量发展 耦合协调

【中图分类号】:F061.5**【文献标识码】**:A**【文章编号】**:1000-8306(2021)03-0106-13

一、引言

黄河流域是我国重要的生态屏障和经济地带，在全国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位。2019年9月，习近平总书记在郑州主持召开的黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上强调：“黄河流域生态保护和高质量发展，同京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设、长三角一体化发展一样，是重大国家战略。”[1]然而，由于历史、地理、自然条件等方面的原因，黄河流域是我国发展与保护矛盾比较突出的区域，如何协调处理好保护和发展的关系，实现生态保护和高质量发展的高效联动，是黄河流域现代化进程中亟待回答的重大课题。

世界各国发展的经验表明，保护与发展是相辅相成的矛盾体。对生态保护和经济发展的耦合协调度进行研究，可以定量判断生态和经济协调发展的程度，有利于科学评估区域发展模式的合理性，为实现区域可持续发展提供决策参考。国外学者对于生态保护与经济发展的研究较早，20世纪60年代英国经济学家Boulding（1966）把系统方法应用于经济与环境相关性的分析，试图建立能循环利用各种物质的“循环式”经济体系。[2]Norgaard（1990）提出了协调发展理论，认为通过反馈循环，在社会和生态系统之间可以实现共同发展。[3]Grossman & Krueger（1995）从经济-生态相互作用角度，提出了著名的环境库兹涅茨曲线(EKC)假设。[4]近年来，国外学者日益注重从投入产出、CGE模型、EKC模型及生态经济学的视角对生态保护和经济发展的协调程度进行量化研究。

国内的研究相对较晚。从研究方法上看，学者们主要利用系统动力学、能值理论、生态足迹以及耦合协调模型等对区域生态保护和经济发展的协调度进行定量分析。从研究区域看，既有全国、城市群、省域的研究，也有市域、县域以及特定区域的针对性研究。如任丽燕(2009)利用能值理论和方法对西溪国家湿地公园的生态经济效益进行了分析。[5]王书华（2003）基于生态足迹模型，以贵州镇远县为例对山区生态经济协调发展情况进行了定量评估。[6]贺晟晨（2009）运用系统动力学方法分析了苏州经济、环境协调发展模式的最优方案。[7]周成（2016）以中国 31 个省（区、市）为研究对象，借鉴耦合协调模型分析了经济-

[1]**作者简介**：孙继琼（1980-），中共四川省委党校经济学教研部，副教授。电子邮箱：511915309@qq.com。
基金项目：国家社会科学基金“新时代筑牢西藏生态安全屏障的制度保证和实现路径研究”（19XMZ028）。

生态-旅游三大系统耦合协调指数的省际差异。[8]

但已有研究中，以流域为研究对象特别是针对黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调关系的研究较为缺乏，尽管少数学者对黄河流域个别省域生态与经济的协调关系进行了研究，如逯进、常虹等（2016）研究了山东省能源、经济与环境耦合关系的演化特征；[9]赵雪雁（2008）分析了甘肃省经济与环境的交互耦合关系；[10]郭婧，周学斌（2018）等对青海省湟水谷地经济与生态耦合协调度的时空情况进行了研究，[11]但由于研究地域的局陷，尚不能对黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调的整体状况进行有效的观察和把握。

基于此，本文以黄河流域 9 省区为研究对象，通过构建黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调评价指标体系，利用耦合协调度模型对 2006—2019 年黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调度进行度测，并借助灰色 GM（1，1）模型对耦合协调度进行预测，以期客观反映黄河流域生态保护和高质量发展的协调状态和发展走势，为进一步优化区域发展战略，提升黄河流域生态保护和高质量发展协同水平提供参考借鉴。

二、研究方法与数据来源

本文以黄河流域为研究对象，具体包括青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东 9 省区。根据流域走势和资源禀赋条件将其分为上游、中游、下游三大区域，上游地区包括青海、四川、甘肃和宁夏，中游地区包括内蒙古、陕西和山西，下游地区包括河南和山东。

（一）耦合协调度测算模型

耦合源于物理学概念，用以反映两个或多个系统通过各种相互作用而彼此影响以至协同的现象，系统由无序走向有序的关键在于系统内部序参量之间的协同作用，耦合度正是对这种协同作用的度量。[12]本文借鉴物理学中的容量耦合定义及系数模型，将黄河流域生态保护与高质量发展的耦合度评价模型表示如下：

$$C=\left\{\frac{f(x)g(y)}{[f(x)+g(y)]^{2}}\right\}^{1/k}$$

式中，f(x)为生态保护指数，g(y)为高质量发展指数，C 为耦合度，k 为常数。

其中，$f(x)=\sum_{i=1}^{n}(w_i x_i)$，n 为生态保护子系统评价指标个数；wi 为第 i 个评价指标权重；xi 为第 i 个指标的标准化值。$g(y)=\sum_{i=1}^{m}(w_i y_i)$，m 为高质量发展子系统评价指标个数；wj 为第 j 个评价指标权重；yj 为第 j 个指标的标准化值。C 的取值范围为 0～1，当C＝0 时，表示系统内各要素呈无序发展趋势，当C＝1 时，耦合度达到峰值，表示系统内各要素呈良性共振耦合，系统呈有序发展趋势；k 为常数，本文 k 取值为 2。为避免主观因素的影响，本文采用具有较强客观优势的熵值赋权法对 wi 和 wj 权重进行确定。

借鉴已有研究成果[13]，考虑生态保护和高质量发展交互作用的强弱程度，本文将耦合过程划分为 6 个阶段（见表 1）。

表 1 黄河流域生态保护与高质量发展耦合度分类

耦合度取值	耦合等级	耦合度取值	耦合等级
C=0	最小耦合	0.5＜C≤0.8	良性耦合
0＜C≤0.3	低水平耦合	0.8＜C＜1	高水平耦合
0.3＜C≤0.5	拮抗	C=1	最大耦合

在耦合度分析的基础上，本文进一步引入耦合协调度模型，对黄河流域生态保护和高质量发展的协调水平进行度测。其公式表示如下：

$$D = \sqrt{C \cdot T}$$
$$T = af(x) + bg(y)$$

式中，D 为耦合协调度，其等级划分标准见表 2；T 为黄河流域生态保护和高质量发展的综合协调指数，主要反映生态保护和高质量发展综合水平对耦合协调度的贡献；a、b 为待定系数，用以反映两个系统之间相互作用的重要性，本文 a、b 取值均为 0.5。

表 2 耦合协调度等级划分标准

耦合协调度（D）	耦合协调度等级	耦合协调度（D）	耦合协调度等级
0-0.009	极度失调	0.50-0.59	勉强协调
0.10-0.19	严重失调	0.60-0.69	初级协调
0.20-0.29	中度失调	0.70-0.79	中级协调
0.30-0.39	轻度失调	0.80-0.89	良好协调
0.40-0.49	濒临失调	0.90-1	优质协调

（二）GM（1，1）灰色预测法

灰色预测法是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法。根据预测对象特征，灰色预测法可分为灰色时间序列预测、灾变预测、拓扑预测以及系统综合预测等类型。本文采用灰色时间序列预测对未来某一时刻的特征量进行预测。具体步骤如下：

1.设 $X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \ldots, X^{(0)}(n)\}$ 为预测指标的原始序列，通过对原始序列累加生成新的序列 $X^{(1)}$。$X^{(1)}$表示如下：

$$X^{(1)} = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), \ldots, X^{(1)}(n)\}$$

2.建立 GM（1，1）模型相应的微分方程：

$$\frac{dX^{(1)}}{dt}+aX^{(1)}=\mu$$

其中，a 为发展灰数，μ 为内生控制灰数

3.设 â 为待估计参数向量 $\hat{a}=(\frac{a}{\mu})$，通过最小二乘法得到：

$$\hat{a}=(B^{T}B)^{-1}B^{T}Y_{n}$$

4.求解微分方程，得到预测模型：

$$\hat{X}^{(1)}(t+1)=\left[X^{(0)}(1)-\frac{\mu}{a}\right]e^{-at}+\frac{\mu}{a},\qquad t=0,1,2\ldots,n$$

一般而言，当均方差比值 C 小于 0.35，小误差概率大于 0.95 时，模型拟合度较好。具体标准见表 3。

表 3 灰色预测精确度检验等级标准

模型精度等级	等级	均方差比值 C	小误差概率 P
Ⅰ级	好	C≤0.35	P≥0.95
Ⅱ级	合格	0.35＜C≤0.5	0.80≤P＜0.95
Ⅲ级	勉强	0.5＜C≤0.65	0.70≤P＜0.80
Ⅴ级	不合格	C＞0.65	P＜0.70

（三）指标体系及数据来源

如何在准确理解和把握生态保护和高质量发展内涵的基础上，构建一套科学合理的评价指标体系，是测度黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度的基本前提。目前，学术界在度测高质量发展和生态保护水平方面，尚未形成共识。本文从生态保护和高质量发展内涵出发，在充分梳理、借鉴国内外有关同类评价指标体系的基础上，遵循指标选取的科学性、客观性、代表性、有效性和可得性等原则，构建了黄河流域生态保护与高质量发展指标体系（见表 4）。

其中，生态保护指标体系的构建主要借鉴了 PSR 框架，即压力-状态-响应体系。该体系既能体现生态保护的现状特征，也能反映生态保护的外在压力以及人们为改善生态环境所付出的努力。基于这一逻辑，生态保护指标体系由压力、状态、响应 3 个维度 14 个指标构成。其中，压力维度主要反映人口、资源消耗和污染排放对环境的影响；状态维度主要反映区域绿化状况、

空气质量以及环保基础能力等现状特征；响应维度反映为保护生态而采取的相应举措。

表 4 黄河流域生态保护和高质量发展指标体系

目标层	准则层	指标层	单位	指标方向
生态保护	压力	单位 GDP 废水排放量	吨/万元	负向
		单位 GDP 工业废气排放量	立方米/元	负向
		单位 GDP 一般工业固体废物产生量	吨/万元	负向
		单位农业产值化肥施用量	吨/万元	负向
		城市人口密度	人/平方公里	负向
	状态	人均公园绿地面积	平方米	正向
		建成区绿化覆盖率	%	正向
		环境空气质量优良率	%	正向
		万人拥有公厕数	座	正向
		万人拥有的公交台数	台	正向
	响应	城市生活垃圾清运量	万吨	正向
		城市清扫保洁面积	万平方米	正向
		燃气普及率	%	正向
		污染治理投资占 GDP 的比重	%	正向
高质量发展	能力	GDP 增长率	%	正向
		全员社会劳动生产率	万元/人	正向
		人均固定资产投资	元	正向
		人均社会消费品零售总额	元	正向
		科技支出占 GDP 的比重	%	正向
	结构	第二产业增加值占 GDP 的比重	%	负向
		第三产业增加值占 GDP 的比重	%	正向
		城镇人口占总人口的比重	%	正向
		财政收入占 GDP 的比重	%	正向
	效益	人均 GDP	元	正向

		城镇居民人均可支配收入	元	正向
		恩格尔系数	%	负向
		城镇登记失业率	%	负向

高质量发展评价体系的构建力求体现高质量发展内涵，选取了包括能力、结构、效益在内的 3 大维度 13 个指标。能力维度包含 5 大指标。其中，“GDP 增长率”反映经济自身增长能力，是高质量发展的基础支撑；“全员社会劳动生产率”衡量劳动力要素的投入产出效率；“人均固定资产投资、人均社会消费品零售总额”反映内需对经济发展的支撑；“科技支出占 GDP 的比重”衡量科技投入水平和创新能力，是高质量发展的动力源泉。结构维度包含 4 大指标，其中，“第二产业、第三产业增加值占 GDP 的比重”反映结构优化情况；“城镇人口占总人口的比重”反映人口在城乡之间的空间分布；“财政收入占 GDP 的比重”反映财政能力；“人均 GDP”反映经济发展水平及发达程度；“城镇居民人均可支配收入”反映居民在发展中的获得感；“恩格尔系数”衡量居民的消费结构和富裕水平；“城镇登记失业率”反映就业状况。

本文统计数据主要来源于 2007—2020 年《中国环境统计年鉴》《青海统计年鉴》《四川统计年鉴》《甘肃统计年鉴》《宁夏统计年鉴》《内蒙古统计年鉴》《山西统计年鉴》《陕西统计年鉴》《河南统计年鉴》《山东统计年鉴》，黄河流域 9 省区《国民经济和社会发展统计公报》《政府工作报告》以及 Wind 数据库等。

三、评价结果及分析

（一）生态保护与高质量发展水平的时空特征

1.生态保护指数和高质量发展指数日益提升。2006—2019 年，黄河流域生态保护指数和高质量发展指数均呈现日益提升的态势（见图 1）。由于演化速度的分异，研究期内黄河流域生态保护和高质量发展的关系经历了从“发展滞后”向“保护滞后”的转变。具体而言，可将这一过程划分为两个阶段：

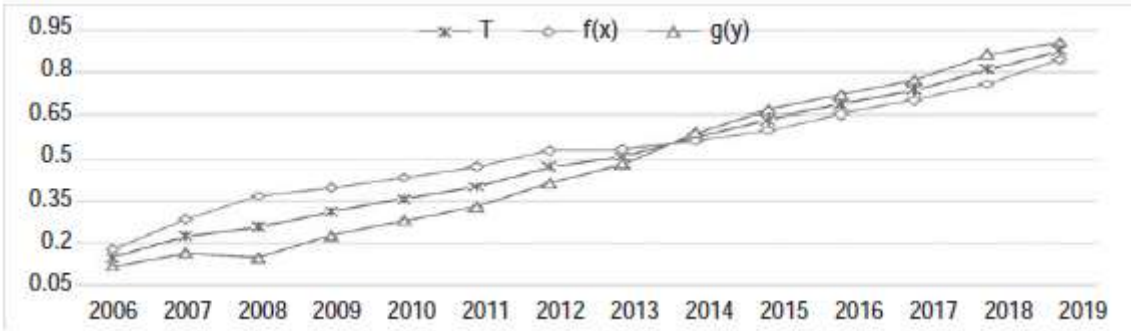

图 1 黄河流域生态保护与高质量发展指数演化

第一阶段（2006—2013）：f(x)＞g(y)，即生态保护指数大于高质量发展指数。其间，高质量发展指数处于 0.11～0.49 之间，生态保护指数处于 0.17～0.54 之间，高质量发展总体滞后于生态保护。该阶段经济发展对生态环境的影响较小，经济发展处于环境承载力范围之内。从变化趋势上看，高质量发展滞后于生态保护的程度呈现先上升后下降的态势，由 2006 年的 0.0608 增至 2008 年的 0.2199，再下降至 2013 年的 0.0537，这与高质量发展指数的变化轨迹密切相关。第二阶段（2014—2019）：g(y)＞f(x)，即高质量发展指数大于生态保护指数。期间，高质量发展指数处于 0.59～0.91 之间，生态保护指数处于 0.56～0.85

之间，高质量发展指数超过生态保护指数，高质量发展与生态保护的关系由“发展滞后”转变为“保护滞后”。从变化趋势上看，生态保护滞后于高质量发展的程度呈现出先上升后下降的态势，由 2014 年的 0.0298 增加至 2018 年的 0.1035，再降至 2019 年的 0.0624。说明黄河流域经济发展开始显现出对生态环境的胁迫作用，二者的矛盾进一步显露，但 2019 年生产保护滞后于高质量发展的程度有所趋缓。

2.生态保护指数的空间演化格局。在区域层面，研究时段内黄河上游、中游、下游区域的生态保护指数均呈现不断提升的变化态势。由于生态资源禀赋及生态建设力度的不同，生态保护指数呈现出从“上游领先”到“中游超越”再向“下游居上”的演进格局。其中，2006—2010 年，上游生态保护水平较高，生态保护指数呈现出“上游＞中游＞下游”的格局；2011—2016 年，中游生态保护水平超越上游，生态保护指数呈现出“中游＞上游＞下游”的态势；2017—2019 年，下游地区生态保护水平后来居上，生态保护指数呈现出“下游＞中游＞上游”的格局。

在省域层面，2006—2019 年，黄河流域 9 省区生态保护指数都呈不断提升态势，但提升幅度表现出较大的分异。其中，陕西生态保护指数增幅最大，增长 7.94 倍；其次是山东，生态保护指数增长 7.48 倍；增幅最小的是宁夏，增长 1.92 倍，这主要与宁夏基期的高水平密切相关。此外，除青海、山西 2 省生态保护指数增幅小于 3 倍以外，四川、甘肃、内蒙古、河南 4 省区生态保护指数的增幅均在 3 倍以上，说明黄河流域各省区生态保护增速较快。

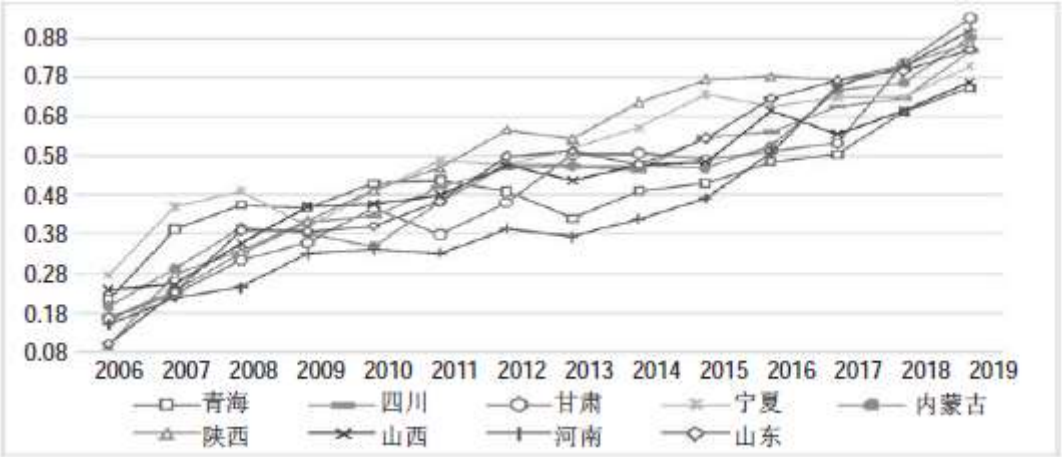

图 2 黄河流域各省区生态保护指数演变情况

3.高质量发展指数的空间演化格局。从区域层面看，研究时段内黄河上游、中游、下游区域的高质量发展指数均呈现不断提升的态势，但提升幅度呈现“下游＞上游＞中游”的特征。2019 年，黄河上游、中游、下游高质量发展指数分别为 0.6611、0.6567 和 0.6695。整体而言，高质量发展水平具有“下游领先、上游居中、中游落后”的空间分布特征，这主要与各区域发展条件和发展方式转变密切相关，由于黄河下游地区在经济规模、产业结构、发展动力转换等方面具有优势，使得其高质量发展指数较高。

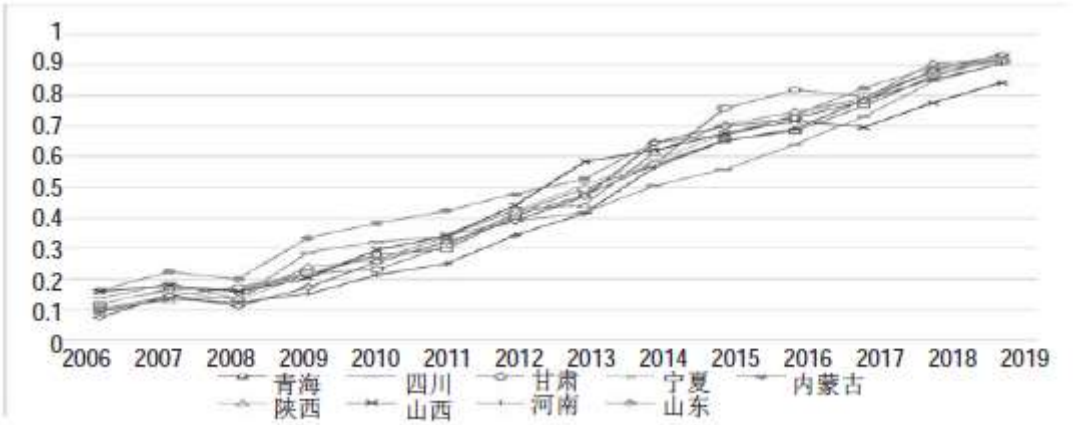

图 3 黄河流域各省区高质量发展指数演变情况

从省域层面看，2006—2019 年，黄河流域 9 省区高质量发展指数均日益提升。其中，山东高质量发展指数由 2006 年的 0.0748 增加至 2019 年的 0.9325，增长 11.5 倍，增幅最大；河南省高质量发展指数由 2006 年的 0.0935 增加至 2019 年的 0.9033，增长 8.66 倍，增幅位列第二；增幅最少的是山西，由 2006 年的 0.1595 增加至 2019 年的 0.8412，增长 4.28 倍。整体而言，在黄河流域 9 省区中山东高质量发展优势明显，山西较为滞后，其余省区的水平基本相当。

（二）生态保护与高质量发展耦合度时空演变

由图 4 可知，2006—2019 年，黄河流域生态保护与高质量发展耦合度处于 0.45～0.50 之间，耦合关系处于拮抗状态。其间，耦合度最低点和最高点出现在 2008 年和 2019 年，分别为 0.4508 和 0.4994。

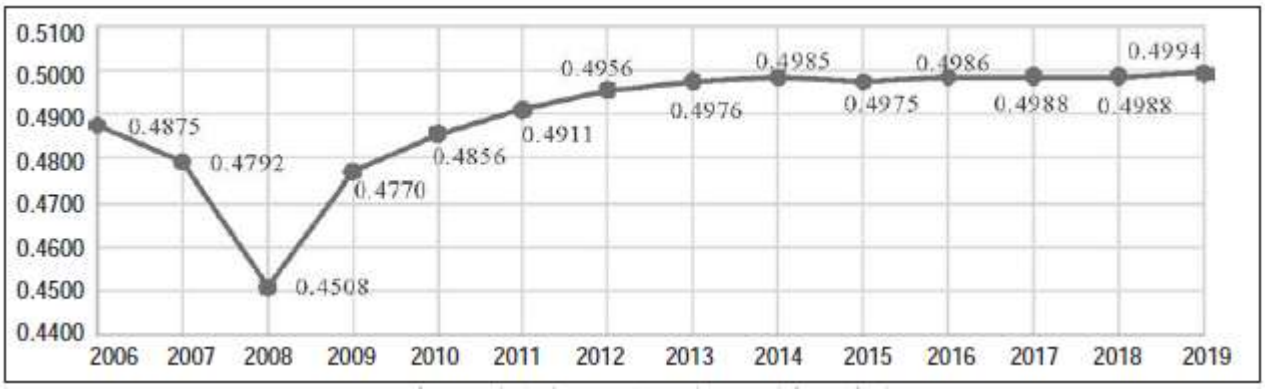

图 4 黄河流域生态保护与高质量发展耦合度演化

从演化趋势上看，耦合度总体呈现出先下降后上升的变化态势，其中 2006—2008 年为下降阶段，耦合度由 2006 年的 0.4875 下降至 2008 年的 0.4508，这主要域 2008 年高质量发展指数的急剧下跌有关。2009—2019 年为上升阶段，耦合度由 2009 年的 0.4770 升至 2019 年的 0.4994，增幅为 4.71%。研究时段内其耦合度数值已高度趋近 0.5，说明黄河流域生态保护和高质量发展向良性耦合转化的趋势较为明显。

从区域层面看，2006—2019 年黄河上游、中游、下游区域耦合度都呈现先下降再上升的变化态势。从空间格局演化看，2006

—2010 年，黄河流域耦合度总体呈现“中游领先、下游居中、上游滞后”的特征，其间上游、中游、下游耦合度平均水平分别为 0.4718、0.4827 和 0.4743。2011—2019 年，黄河上游地区耦合度快速提升，与中游和下游的差距显著减小，呈现“中游微弱领先，黄河上游和下游并肩齐驱”的态势，期间上游、中游、下游耦合度平均水平分别为 0.4980、0.4983 和 0.4980。

从省域层面看，2006—2019 年，四川、甘肃、内蒙古、山西、河南耦合度总体偏高，耦合度平均水平大于 0.49。其中，内蒙古平均得分最高，为 0.4967，其次是四川，耦合度平均水平为 0.4936，宁夏平均耦合度得分最低，为 0.4816，青海省耦合度平均得分为 0.4846，位列倒数第二。整体而言，黄河流域各省区生态保护和高质量发展耦合度平均得分在 0.48～0.50 之间，说明各省区耦合度水平分异较小。

从各省区耦合度变化趋势看（见图 5），2006—2019 年，除陕西呈现略微下降外，其余 8 省区耦合度都呈上升态势。其中，增幅最大的是宁夏，耦合度由 2006 年的 0.4581 增加至 2019 年的 0.4989，增幅为 8.90%，其次是青海，耦合度由 2006 年的 0.4778 增至 2019 年的 0.4975，增幅为 4.13%。值得注意的是，2008 年黄河流域 9 省区耦合度均出现了短暂下降，这主要是由 2008 年黄河流域各省区高质量发展指数下降导致的。结合黄河流域各省区生态保护和高质量发展指数可知，高质量发展指数是影响耦合度水平的重要因素，其在推动耦合度上升方面发挥着重要作用。

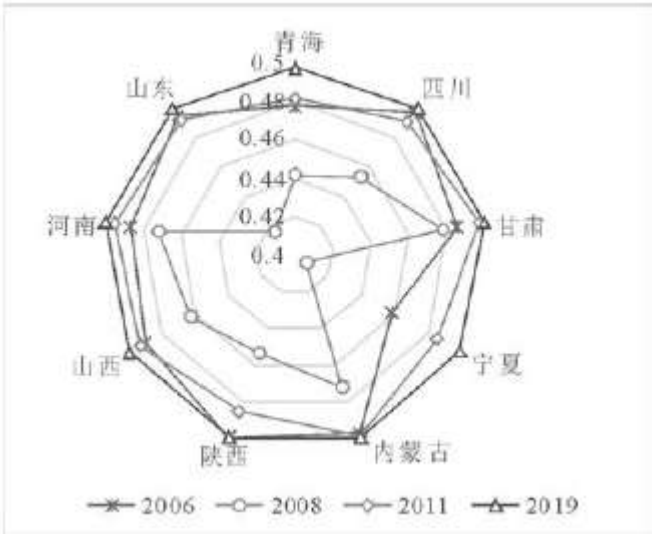

图 5 黄河流域各省区生态保护和高质量发展耦合度演变情况

（三）生态保护与高质量发展耦合协调度时空演变

由图 6 可知，2006—2019 年黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调度呈现不断提升的变化态势，由 2006 年的 0.2661 增加至 2019 年的 0.6615，增加 1.49 倍，说明黄河流域生态保护与高质量发展的数量关系及其调整过程具有正向作用，正在使系统之间及系统内部朝要素比例得当、关系和谐、相互促进的状态发展。

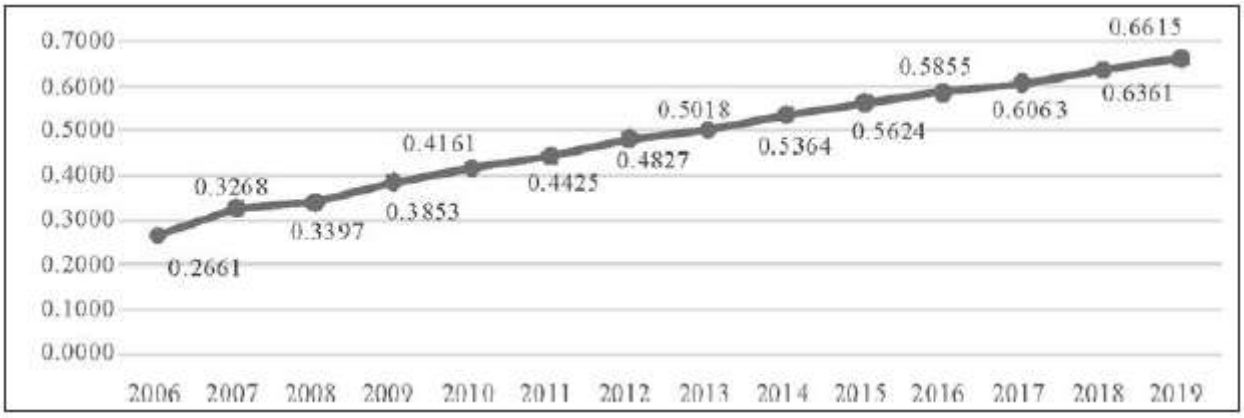

图 6 黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度演化

研究时段内黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调度处于 0.26～0.67 之间，呈现出从“中度失调”到“轻度失调”到“濒临失调”到“勉强协调”再到“初级协调”的转变趋势。具体而言，可将耦合协调度划分为五个阶段：

一是“中度失调”阶段（2006）。2006 年，其耦合协调度为 0.2661，生态保护和高质量发展的耦合关系处于中度失调阶段。2006 年，黄河流域生态保护指数为 0.1787，高质量发展指数为 0.1179，高质量发展指数仅相当于生态保护指数的 65.97%。可见，该阶段其耦合协调度的较低水平主要是高质量发展不足导致的。

二是“轻度失调”阶段（2007—2009）。其间，耦合协调度日益上升，由 2007 年的 0.3268 增加至 2009 年的 0.3853，增加 0.0585，年均增幅为 8.95%。耦合协调度处于 0.3～0.4 之间，生态保护与高质量发展关系处于“轻度失调”状态。该阶段，黄河流域高质量发展指数仍滞后于生态保护指数，不利于实现生态保护和高质量发展的良性互动。

三是“濒临失调”阶段（2010—2012）。此阶段其耦合协调度突破 0.4，并呈现不断提升的态势，由 2010 年的 0.4161 增至 2012 年的 0.4827，增加 0.0666，年均增幅为 8%；其耦合协调度总体处于 0.4～0.5 之间，生态保护与高质量发展处于“濒临失调”状态。该阶段其耦合协调度的提升主要是高质量发展指数日益提升，使得其与生态保护指数的剪刀差日益缩小。

四是“勉强协调”阶段（2013—2016）。此阶段其耦合协调度突破 0.5，由 2013 年的 0.5018 增至 2016 年的 0.5855，耦合协调度总体处于 0.5～0.6 之间，生态保护与高质量发展处于“勉强协调”状态。该阶段发展对生态环境的胁迫作用日益增强，但是在生态保护力度日益加大的情况下，生态保护与高质量发展处于勉强协调状态。

五是“初级协调”阶段（2017—2019）。2017 年，其耦合协调度突破 0.6，达到 0.6063，进入“初级协调”阶段，2019 年，其耦合协调度进一步提升至 0.6615，这主要得益于生态保护水平的进一步提升。2017 年和 2019 年黄河流域生态保护指数分别达到 0.7018 个和 0.8454，同比增加 7.08 个和 8.55 个百分点。

在区域层面，其耦合协调度的空间格局呈现出“上游当先”向“中游突破”再向“下游领衔”的演进路径。具体而言，2006—2008 年，其耦合协调度呈现“上游＞中游＞下游”的特征；2009—2016 年其耦合协调度转化为“中游＞上游＞下游”；2017—2019 年其耦合协调度演变为“下游＞中游＞上游”态势，上述空间演化路径与黄河上游、中游、下游区域生态保护和高质量发展水平的相对变化密切相关。总体而言，黄河上游地区高质量发展程度较弱，发展不均衡、不充分问题较为突出，后期耦合协调度提升速度明显减弱；黄河中游地区依托资源和区位条件经济发展取得了一定成效，但由于资源型经济转型有待进一步提升，耦合协调度增速经历了前期突破后有所减弱；黄河下游地区发展方式转型成效明显，高质量发展水平相对较高，加之生态

建设的不断推进，后期耦合协调度提升速度明显加快。

从省域层面看，2006—2019 年，黄河流域各省区生态保护与高质量发展耦合协调度都呈现日益提升的变化态势，说明黄河流域各省区生态保护与高质量发展耦合协调关系日趋向好。2012 年，内蒙古、陕西耦合协调度率先大于 0.5，进入勉强协调阶段；2014 年，除河南外黄河流域的其他 8 个省区都迈过了 0.5 的门槛，进入勉强协调阶段。2015 年，陕西耦合协调度率先突破 0.6，进入初级协调阶段；截至 2018 年底，黄河流域 9 个省区均进入初级协调阶段。从增幅上看，黄河流域 9 个省区中增幅最高的是山东，耦合协调度由 2006 年的 0.2081 增加至 2019 年的 0.6672，增长 2.20 倍，年均增幅达 16.98%；增幅最低的是山西，由 2006 年的 0.3124 增加至 2019 年的 0.6338，增加 1.03 倍，年均增幅为 7.91%，这主要与山西资源依赖型经济发展方式密切相关。

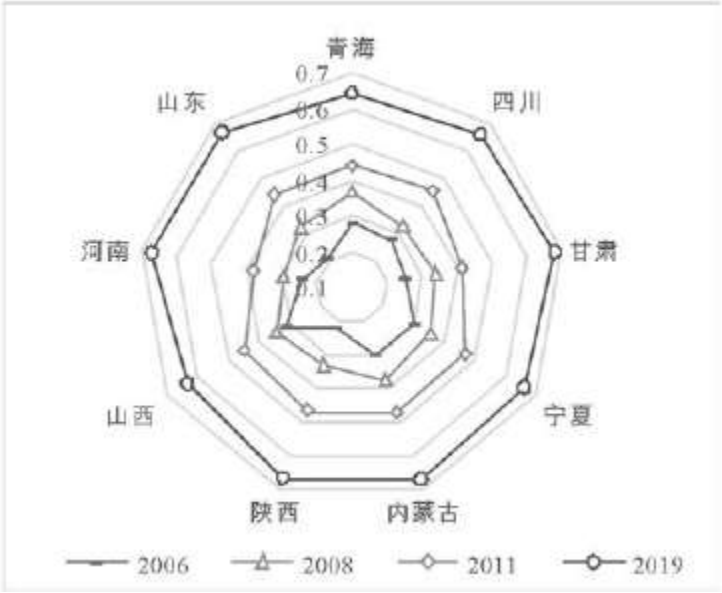

图 7 黄河流域各省区生态保护与高质量发展耦合协调度演变情况

（四）生态保护与高质量发展耦合协调度发展预测

基于灰色 GM（1，1）预测模型，以 2006—2019 年黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度为基础，借助 DPS9.5 分析软件，对 2020—2023 年黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调度进行预测。灰色预测精确度检验结果显示，C 值小于 0.35，P 值大于 0.95，处于“好”的等级，说明灰色 GM（1，1）预测结果可信度较高。

由表 5 可知，2020—2023 年，黄河流域生态保护和高质量发展的耦合协调度呈现日益提升的变化态势。从黄河流域 9 省区的预测情况看，2020—2023 年其耦合协调度均呈现出不断提升态势。2020 年，除青海、山西 2 省耦合协调度仍低于 0.7，耦合协调关系没有取得实质突破外，其余 7 省区耦合协调度都突破 0.7，进入中级协调状态。随着耦合协调度水平的不断提升，到 2023 年，河南、山东达到优质协调状态，四川、甘肃、宁夏、内蒙、陕西和山西达到良好协调状态，青海处于中级协调状态。

表 5 黄河流域耦合协调度预测

年份	黄河流域	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙	陕西	山西	河南	山东

2020	0.7230	0.6792	0.7060	0.7431	0.7216	0.7156	0.7555	0.6933	0.7462	0.7514
2021	0.7646	0.7129	0.7449	0.7902	0.7593	0.7518	0.8003	0.7286	0.8021	0.7993
2022	0.8087	0.7483	0.7860	0.8404	0.7989	0.7898	0.8478	0.7656	0.8622	0.8503
2023	0.8552	0.7854	0.8294	0.8936	0.8405	0.8298	0.8981	0.8045	0.9268	0.9045
C	C=0.1352	C=0.0794	C=0.1678	C=0.1598	C=0.1919	C=0.1283	C=0.2286	C=0.2408	C=0.0843	C=0.1763
P	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000	p=1.0000

注：预测时间长度为 4，残差重复次数为 3。

预测结果显示，黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度日益改善，总体提升速度较好。在未来发展中，黄河流域 9 省区应充分认识生态保护与高质量发展的演化规律和阶段性特征，进一步突破制约生态保护与高质量发展协调的因素，加大生态保护力度，把经济发展控制在生态环境的承载范围之内，以实现生态保护与高质量发展协调互促、整体提升。

四、结论及建议

（一）结论

本文利用耦合协调度模型对 2006—2019 年，黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调水平进行了度测，并借助灰色 GM（1，1）模型对耦合协调度进行了预测，得出以下结论：

第一，黄河流域生态保护指数和高质量发展指数日益提升，生态保护与高质量发展关系经历从“发展滞后”到“保护滞后”的转变。生态保护指数呈现出从“上游领先”到“中游超越”再向“下游居上”的演进格局；高质量发展指数总体具有“下游领先、上游崛起、中游落后”的空间分布特征。

第二，2006—2019 年，黄河流域生态保护与高质量发展耦合度处于 0.45～0.50 之间，耦合关系处于拮抗状态。从区域分布看，2006—2010 年耦合度总体呈现“中游领先、下游居中、上游滞后”的特征，2011—2019 年，黄河上游地区耦合度快速提升，与中游和下游的差距显著减小，呈现“中游微弱领先，上游和下游并肩齐驱”的态势。黄河流域 9 省区耦合度平均得分在 0.48～0.50 之间，分异度较小。

第三，2006—2019 年，黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度日益提升，由 2006 年的 0.2661 增加至 2019 年的 0.6615，呈现出“中度失调→轻度失调→濒临失调→勉强协调→初级协调”的转变趋势。在区域层面，耦合协调度的空间格局呈现出“上游当先”向“中游突破”再向“下游领衔”的演进路径。

第四，预测结果显示，2020—2023 年，黄河流域生态保护和高质量发展的耦合协调度呈现日益提升的变化态势，耦合协调度从 2020 年的 0.7230 增加至 2023 年的 0.8552。到 2023 年，河南、山东达到优质协调状态，四川、甘肃、宁夏、内蒙、陕西和山西达到良好协调状态，青海处于中级协调状态。

（二）政策建议

第一，坚持协调理念，促进生态保护与高质量发展良性互促。充分认识黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调规律，根据现有协调程度、空间分布和演进路径，优化黄河流域区域发展战略。坚持系统谋划和统筹兼顾，科学制定黄河流域生态保护与高质量发展规划，加强生态保护和高质量发展的政策协调和机制衔接，进一步提升黄河流域生态保护与高质量发展的协调水平。

第二，加强生态保护，增强生态系统对高质量发展的支撑能力。将生态保护纳入黄河流域经济社会发展全局，加大生态保护投入力度，深化生态环境保护体制机制改革，建立健全生态环境监测网络，强化生态环境预警长效机制建设，完善生态保护责任体系，提升生态环境治理水平，缩小生态保护与高质量发展的剪刀差。

第三，提升发展质量，降低经济发展对生态环境的胁迫水平。研究表明，黄河流域耦合协调度水平与高质量发展水平存在着较高的空间对应关系。黄河流域各区域自然条件各异，发展程度不同，在推动经济发展过程中，要坚持因地制宜，着眼区域实际，积极探索富有地域特色的高质量发展之路，使生态保护和高质量发展的耦合协调度进一步巩固和提升。

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].求是,2019(20):1-5.

[2]Kenneth Ewert Boulding.The Economics of the Coming Spaceship Earth[M].John Hopkins University Press,1966:3-14.

[3]Norgaard R B.Economic Indivators of Resource Scarcity:A Critical Essay[J].Journal of Environ-mental Economics and Management,1990,19(1):19-25.

[4]Grossman G,Krueger A.Economic Growth and the Environment[J].Quarterly Journal of Economics,1995,(110):353-377.

[5]任丽燕,吴次芳,岳文泽.西溪国家湿地公园生态经济效益能值分析[J].生态学报,2009,29(3):1285-1291.

[6]王书华,王忠静.基于生态足迹模型的山区生态经济协调发展定量评估——以贵州镇远县为例[J].山地学报,2003(3):324-330.

[7]贺晟晨,王远,高倩,等.城市经济环境协调发展系统动力学模拟[J].长江流域资源与环境,2009,18(8):698-703.

[8]周成,金川,赵彪,等.区域经济-生态-旅游耦合协调发展省际空间差异研究[J].干旱区资源与环境,2016,30(7):203-208.

[9]逯进,常虹，赵少平，等.山东省能源、经济与环境耦合关系的演化特征研究[J].经济地理,2016(9):42-48.

[10]赵雪雁.甘肃省经济发展与环境质量的交互耦合关系[J].干旱区资源与环境,2008,22(6):1-7.

[11]郭婧,周学斌，任君，等.青海省湟水谷地经济发展与生态环境耦合协调度的时空分异[J].水土保持研究,2018,25(6):242-250.

[12]吴玉鸣,张燕.中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J].资源科学, 2008,30(1):25-30.

[13]汤姿,石长波,张娜.黑龙江省旅游经济与生态环境时空耦合研究——基于“坚持人与自然和谐共生”的视角[J].商业研究.2018(1):1-9.