

黄河流域生态环境保护与高质量发展的耦合协同研究

任保平¹ 杜宇翔

(西北大学 中国西部经济发展研究院, 陕西 西安 710127)

摘要 黄河流域生态保护与高质量发展已成为重大国家战略。本文在分析黄河流域经济、产业发展、生态环境三大系统耦合协调机理,并构建三大系统耦合协调度评价指标体系,利用耦合协调度模型、空间自相关模型探讨了2012-2017黄河流域73个地级市(盟、自治州)经济、产业发展与生态环境综合水平及三者耦合协调度的时空差异性,并应用GM(1,1)灰色预测法预测了短期内三者耦合协调度的空间变化趋势。结果表明:①黄河流域经济、产业发展、生态环境综合水平总体上呈现平稳态势,三者发展速度差异不明显,但三大系统耦合协同严重失调,黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同尚未达到协调程度;②三大系统耦合协调度表现出显著的空间自相关性,全局空间自相关为正,局部空间自相关呈现聚集趋同特征;③预测结果表明三者的耦合协调发展在短期内总体上保持平稳,在预测期内黄河流域生态环境保护与高质量发展仍未达到协调,部分地区现状有所改善,但总体提升与演进的速度较为缓慢。最后,针对黄河流域经济发展与环境保护存在严重冲突的现状,为黄河流域生态环境保护与高质量发展构建了支撑体系。本研究旨在为黄河流域生态保护与高质量发展提供理论依据,为黄河流域高质量发展奠定一定的科学决策基础。

关键词 黄河流域; 高质量发展; 耦合协调

进入新时代以来,为实现中国经济的可持续发展,习近平总书记多次强调要建立人与自然和谐共生的现代化经济体系,并在中国共产党第十九次全国代表大会上所作的报告中明确提出了要加快生态文明改革、建设美丽中国。黄河流域作为中国生态文明建设的重要阵地,对中国的经济发展、社会建设等起着重要的作用,有着极其重要的战略地位。2019年9月,习近平总书记在郑州主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会,强调了黄河流域的生态保护和高质量发展问题,为推动黄河流域的生态保护、高质量发展提供了重要遵循^[1]。经济、产业发展和生态环境是推动黄河流域生态环境保护与高质量发展的重要因素。在黄河流域生态环境保护与高质量发展的进程中,经济的发展能够进一步推动产业的发展,促进产业结构的合理化与高级化,从而减少流域内资源型产品的消耗,有利于保护生态环境;良好的生态环境能够提高城市的宜居度,吸引劳动力流入,从而加快地区经济的发展,进一步推动地区产业发展;产业发展能够带动地区经济的增长,间接加大对生态保护资金支出的力度,同时,产业结构的合理化与高级化也会减少资源型产品的消耗。经济、生态环境和产业发展任何一者的缺席,都会影响到黄河流域生态环境保护与高质量发展。三大系统协调发展问题逐渐成为研究黄河流域生态环境保护与高质量发展的热点和难点问题之一。那么,经济、产业发展和生态环境三大系统之间的关系究竟如何?不同时空下三大系统的耦合协调关系是否存在明显差异以及是否会发生动态变化?本文将围绕此来展开

¹项目来源:国家社会科学基金后期资助项目“新时代中国高质量发展的道路研究”(19FJLB011)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“丝绸之路经济带建设背景下西部沿线省区与城市的经济发展绩效评价”(18VXK002)。

作者简介:任保平,西北大学研究生院院长、教育部人文社会科学重点研究基地——中国西部经济发展研究院院长、经济管理学院教授,博士生导师,主要从事经济发展高质量发展研究;杜宇翔,西北大学经济管理学院硕士研究生。

研究,以期能促进三大系统的耦合协调发展,推动黄河流域生态环境保护与高质量发展。

1 文献述评

经济、生态环境与产业发展三大系统两两之间关系的研究现已取得了丰硕的研究成果:从经济与生态环境之间的关系来看,习近平总书记在新世纪之初就提出了关于生态文明建设的最著名的科学论断之一:绿水青山就是金山银山,现已成为中国建设生态文明的根本思想遵循。王敏等^[2]考虑了城市特定时间因素变量后发现经济高速增长并不一定会导致高污染。崔鑫生等^[3]通过研究不同发展程度经济体的环境库兹涅茨曲线(EKC)的动态演进趋势说明了环境改善是经济发展带来的多重客观异质性因素综合作用的结果。蒋黎等^[4]指出了农村环境质量符合环境库兹涅茨曲线(EKC)假说。从经济与产业发展之间的关系来看,王振华等^[5]以辽宁省为例展开研究,证明了产业结构升级对县域经济增长具有显著的正向作用。戴觅等^[6]研究发现产业结构对中国地区经济收敛具有重要作用,优化地区产业结构,推动地区工业化有助于缩小中国地区之间经济发展的差距。孙叶飞等^[7]指出中国经济发展的“结构红利”因产业结构变迁而逐渐减弱,导致出现了“结构性减速”的现象,但产业结构变迁的经济增长效应仍存在。张钟文等^[8]通过实证得出了高技术产业的发展对于经济增长和就业有明显拉动作用,促进高技术产业快速发展,对于应对经济下行和发展方式转变具有重要的意义。从生态环境与产业发展的关系来看,黄亮雄等^[9]证明中国的产业结构调整虽然改善了自身的环境却影响了其他省区的环境,产业结构调整应当建立有效的区域合作机制。黄亮雄等^[10]也提出了促进产业结构调整,优化产业结构是经济发展与环境保护的关键。杨建林等^[11]以呼包银榆经济区为例进行研究,发现经济区产业结构和生态环境存在长期动态均衡关系并阐释了经济区产业结构对生态环境产生动态效应。韩永辉等^[12]指出产业结构高度化既能提高本省份也能提高其他省份的生态效率,即存在本地和外部双重正面效应且产业结构合理化对生态效率则更多体现为正外部效应。

随着跨学科研究的发展,耦合理论逐渐进入了经济学领域,成为了众多经济学者所青睐的研究方法。耦合起初是物理学概念,是指两个或以上系统通过相互作用彼此影响。地理学者借鉴并发展了该名词,用耦合关系来阐释发展过程中各个系统之间的相互作用,并构建耦合模型来研究各个系统的协调发展问题。方创琳等^[13]系统解析了特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应的基本理论框架并构建技术路径提出解决问题的整体优化方案。刘海猛等^[14]解析了城镇化与生态环境耦合系统的内涵,并从空间、时间、表象、组织四个维度构建了“耦合魔方”理论,为城镇化与生态环境耦合提供了一个跨学科的研究范式。方创琳等^[15]从理论上揭示了城镇化与生态环境的耦合性、总结出交互方式,并提出了耦合权理论及耦合器调控理论。众多经济学者也使用耦合理论来研究地区生态环境与经济发展问题:舒小林等^[16]构建了旅游产业系统与生态文明城市系统评价指标体系,并运用耦合协调度模型以贵阳市为例进行了实证分析。周成等^[17]基于耦合协调模型对长江经济带各省市区域经济、生态环境、旅游产业耦合协调演化关系给予分析并未来耦合协调度进行预测。李强等^[18]建立指标体系测算长江经济带经济增长质量与生态环境优化耦合协调度并实证研究两者耦合协调度影响因素。

综上所述,现有研究对于耦合理论的运用逐渐趋于成熟,且耦合理论被越来越多的用于地区与流域经济的研究,但现有文献对黄河流域的经济、产业发展与生态环境的关系研究较少,更鲜有文献对黄河流域经济、产业发展与生态环境三

大系统之间的关系进行耦合性分析及其动态变化过程研究。鉴于此,本文以黄河流域 73 个地级市(盟、自治州)为研究对象,在分析三大系统耦合关系的基础上,构建耦合协调评价指标体系,运用耦合协调度模型对 2012-2017 年黄河流域 73 地级市(盟、自治州)时空差异来展开分析,并对三大系统的未来耦合协调度进行预测,为黄河流域的生态环境保护与高质量发展耦合协同提供参考。

2 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同机理研究与评价

2.1 三大系统耦合协同的机理分析

耦合是指两个或以上系统通过彼此作用相互影响,耦合协调度能反映各系统是否具有良好的水平,也能反映系统间和谐一致、相互作用的关系。经济、产业发展和生态环境作为推动黄河流域生态环境保护和高质量发展的重要因素,三大系统之间的耦合协调度及其变化趋势直接影响着黄河流域生态环境保护和高质量发展。三大系统相互作用关系体现为:

①经济的发展能够进一步推动产业发展,促进产业结构转型升级,加快实现地区产业结构高级化与合理化,产业结构高级化和合理化能够提高地区的生态效率,是生态环境保护的重要动力,同时也能够合理减少地区内资源型产品的消耗,有利于保护地区的生态环境。

②产业发展能够推动地区经济的发展,产业结构的高级化与合理化能够使要素更加合理地流动,提高地区经济发展的效率从而极大促进地区经济的发展,从而提高地区对生态环境保护的力度,加大地区生态环境保护的资金支持,有利于实现对地区生态环境的优化。

③对于地区生态环境的大力保护能够提升地区居民的幸福感和整体社会福利,大大提升地区的宜居度,减少地区劳动力的流出并吸引外来劳动力的流入,有利于地区经济的发展,从而推动地区产业的发展,推动产业结构的高级化与合理化。

可见,经济、产业发展与生态环境三大系统彼此影响、相互作用、协同发展,任何一方面的缺席,都会影响到黄河流域生态环境保护与高质量发展,因此,对于三大系统耦合协调度进行测度和分析具有重要的现实意义。

2.2 指标体系构建

为了准确评价黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统的耦合协调关系,参照现有研究成果^[16-18],依照合理性、可操作性等重要原则,构建黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统耦合协调评价体系。对于经济的综合评价从经济总量、经济质量、发展水平三个层次共选取 10 个指标;对于产业发展的综合评价从产业总量、产业结构两个层次概括,累计选取 10 个指标;对于生态环境的综合评价从生态环境、能源消耗、污染排放、环境治理四个层次累计选取 10 个指标来概括。本文所用的原始数据来自 2013-2018 年《中国城市统计年鉴》、各省统计年鉴以及 2012-2017 各地区国民经济和社会发展统计公报等,个别地区缺失数据采用临近年份数据进行线性插补或从省级数据进行匹配。具体评价指标如表 1 所示。

表 1 高质量发展下的黄河流域经济产业生态综合评价系统指标体系

系统	层次	指标	单位	指标类型	
经济 综合 评价	经济总量	地区生产总值	十亿元	正指标	
		固定资产投资	百万元	正指标	
		消费品零售总额	十亿元	正指标	
	经济质量	公共财政收入	百万元	正指标	
		人均地区生产总值	元	正指标	
		在岗职工平均工资	元	正指标	
		地区生产总值增长率	%	正指标	
	发展水平	住房平均销售价格	元/平方米	正指标	
		高校数量	所	正指标	
		医院、卫生院数量	个	正指标	
产业 发展 综合 评价	产业总量	第二产业产值	十亿元	正指标	
		第三产业产值	十亿元	正指标	
		第二产业从业人数	千人	正指标	
	产业结构	第三产业从业人数	千人	正指标	
		第二产业产值占比	%	正指标	
		第三产业产值占比	%	正指标	
		第二产业从业人数占比	%	正指标	
	生态环境	生态环境	第三产业从业人数占比	%	正指标
			产业结构高级化指数	/	正指标
		能源消耗	产业结构合理化指数 ²	/	正指标
人均绿地面积			平米	正指标	
建成区绿化覆盖率			%	正指标	
污染排放		单位 GDP 电耗量	千瓦时/万元	逆指标	
		单位 GDP 能耗量	吨标准煤/万元	逆指标	
	工业废水排放量	百万吨	逆指标		
	工业二氧化硫排放量	千吨	逆指标		
环境治理	工业粉尘排放量	千吨	逆指标		
	工业废物综合利用率	%	正指标		
	生活污水处理率	%	正指标		
		生活垃圾无害化处理率	%	正指标	

2.3 研究方法

2.3.1 系统综合发展水平评价

对于原始数据的处理，本文首先使用 Max-Min 标准化。

对于正指标：

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (1)$$

对于逆指标：

$$Y_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (2)$$

其中， i 表示系统， j 表示测度指标。 X_{ij} 和 Y_{ij} 分别表示原始指标数据的和

² 指数通过干春晖等的方法测算得到。

标准化后的各指标值。之后采用熵权法计算各指标权重，步骤为：

① 计算各指标值 Y_{ij} 的信息熵 E_j 。

$$E_j = -\ln \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_{ij} \ln p_{ij}) \quad (3)$$

其中， $p_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}}$ 。

② 通过信息熵计算各测度指标 Y_{ij} 的权重 W_j 。

$$W_j = \frac{(1-E_j)}{m - \sum_{j=1}^m (1-E_j)} \quad (4)$$

各个系统的综合发展指数可通过以下方法计算：

$$U_i = \sum_{j=1}^n (W_j Y_{ij}) \quad (5)$$

其中， U_i 代表各系统的综合发展指数， n 代表各系统内指标的个数。

2.3.2 耦合协调度模型

参考赵传松等^[19]，计算黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统耦合协调度的具体计算公式如下：

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \lambda U_3 \quad (6)$$

$$C = \frac{(U_1 \times U_2 \times U_3)^{1/3}}{U_1 + U_2 + U_3} \quad (7)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

其中， T 表示三个系统的综合评价指数， U_1, U_2, U_3 分别为三大系统的评价指数， α, β, λ 的取值均为 1/3。 C 为耦合度， D 为耦合协调度。参考任喜萍等^[20]的研究，本文按照均匀分布的方法将耦合协调度划分为十级（见表 2）。

表 2 耦合协调度等级划分

耦合协调度值	协调等级	耦合协调度值	协调等级
0-0.099 9	极度失调	0.5-0.599 9	勉强协调
0.1-0.199 9	高度失调	0.6-0.699 9	初级协调
0.2-0.299 9	中度失调	0.7-0.799 9	中级协调
0.3-0.399 9	轻度失调	0.8-0.899 9	良好协调
0.4-0.499 9	濒临失调	0.9-1.0	优质协调

2.3.3 空间自相关性分析

空间自相关是对空间单元属性值潜在相互依赖性的衡量，可分为全局和局部空间自相关。全局自相关是衡量要素属性数据在空间分布上是否相互依赖，通常对全局进行测度，计算公式为：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (\chi_i - \bar{\chi})(\chi_j - \bar{\chi})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (9)$$

式中， $i \neq j$ ， n 为地区数量， χ_i 为地区 i 的属性值； S^2 为样本方差， $\bar{\chi}$ 为样本均值， w_{ij} 为空间矩阵，空间相邻为 1，否则为 0。Moran's I 指数的取值范围为 [-1,1]，取值为正表示存在空间正相关，反之存在空间负相关，等于 0 则不存在空间相关性。

局部空间自相关是衡量每个空间要素属性在局部的相互依赖性，计算公式如下：

$$I_i = \frac{\chi_i - \bar{\chi}}{S^2} \sum_{j=1}^n [w_{ij}(\chi_j - \bar{\chi})] \quad (10)$$

3 测算结果分析

3.1 黄河流域经济、产业发展与生态环境综合水平及耦合协同的时空演变分析

运用综合发展水平评价模型，测算 2012-2017 年黄河流域经济、产业发展与生态环境综合水平指数（见图 1）。

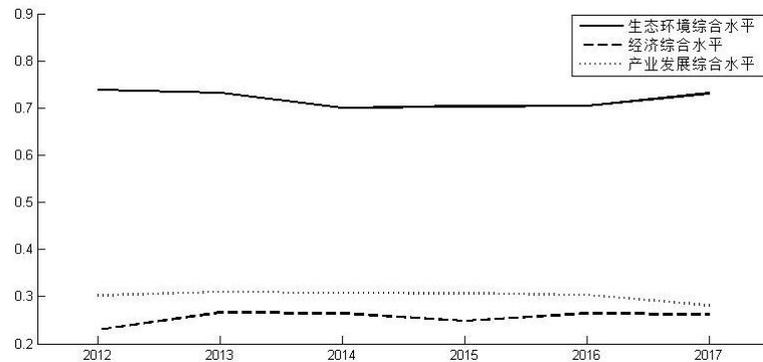


图 1 经济、产业发展与生态环境三大系统综合水平指数 (2012-2017)

从图 1 可以看出，2012-2017 年黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统的综合水平指数呈平稳演变态势，不同年份各大系统的综合水平指数相差不大，且未显示出明显的变化速度差异。接下来研究黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统的耦合协调度是否存在时空差异（见图 2）。

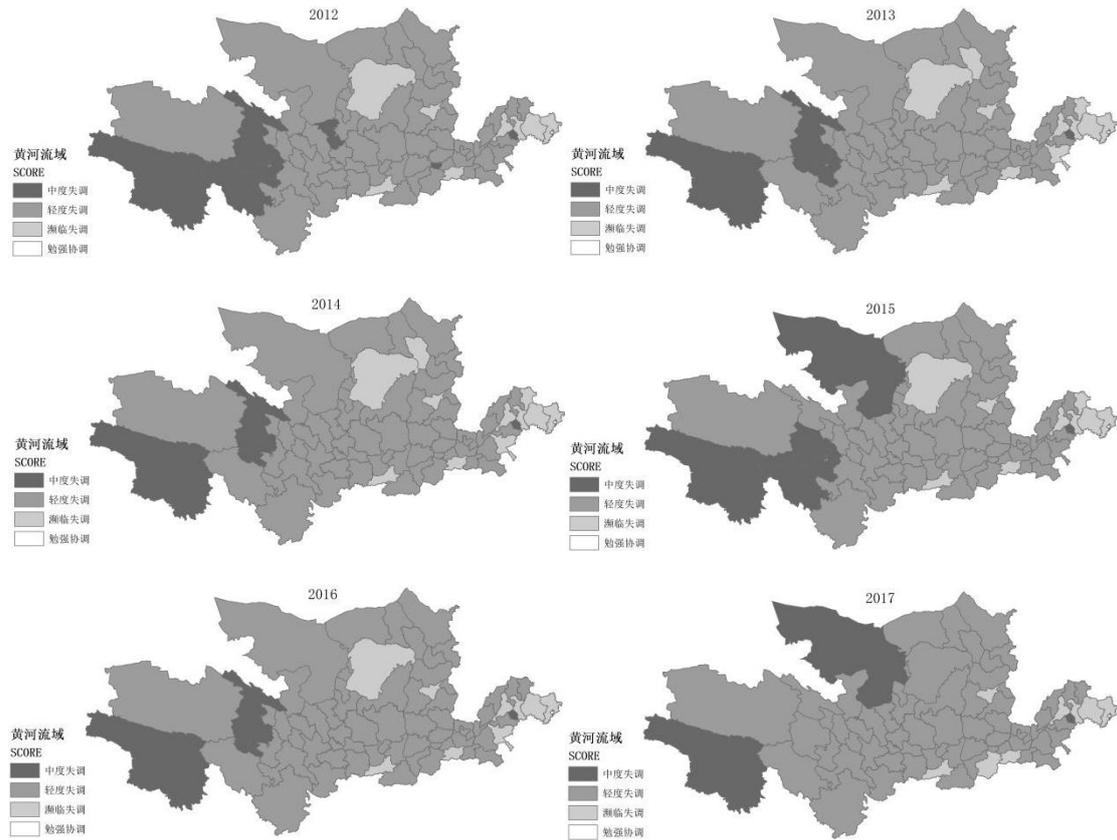


图 2 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同空间演变图

由图 2 可以看出黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统的耦合协调度存在明显的时空差异。从图 2 可以明显地看出，2012-2017 年内黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统耦合协同存在着大范围失调的现象，大多数地区处在中度失调或轻度失调的范围，随着时间的变化，个体的耦合协调度发生了变化，但这一总体趋势依然存在且延续。从个体来看，青岛、西安、济南、郑州等大型城市经济、产业发展与生态环境三大系统的耦合协调度也处于濒临失调的范围。当然，也存在着趋势向好的城市，中卫市自 2012 后由中度失调迈入了轻度失调的行列。从以上分析来看，黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统的耦合协调发展存在着严重的不足，流域内大多数地区经济、产业发展与生态环境未达到协调发展阶段，这一现状与黄河流域整体存在的生态问题有着很大的关联。就个体来看，青岛、西安、郑州、济南等大型城市三大系统的耦合协调度略高于流域内其他城市，可以猜想耦合协调度与城市发展程度存在联系，且耦合协调度围绕青岛、西安、郑州、济南等大型城市递减，围绕这些大型城市呈“辐射”态势。

3.2 黄河流域地级市耦合协同的空间自相关性分析

黄河流域 73 地级市（盟、自治州）在经济、产业发展与生态环境耦合协调度在空间分布上存在着一定关联性，为深入分析其空间分布特征，本文采用空间自相关对其进行分析。

3.2.1 全局空间自相关

构建空间权重矩阵，度量 2012-2017 年黄河流域 73 个地级市（盟、自治州）经济、产业发展与生态环境耦合协调度的全局 Moran's I 指数，见下图。

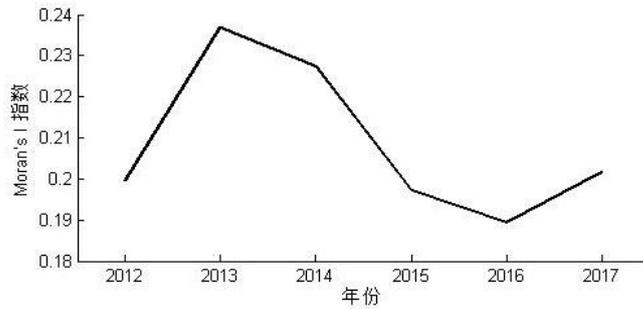


图 3 黄河流域经济、产业发展与生态环境耦合协调度的全局 Moran's I 指数 (2012-2017)

如图 3 所示, 2012-2017 年黄河流域经济、产业发展与生态环境的耦合协调度的全局 Moran's I 指数估计值均为正, 且均通过了显著性检验, 表明黄河流域 73 个地级市 (盟、自治州) 经济、产业发展与生态环境耦合协调水平呈现空间正相关性分布。全局 Moran's I 指数在 2012-2013 呈现上升态势, 由 2012 年的 0.1995 上升至 2013 年的 0.2369, 之后逐年下降, 降至 2016 年的 0.1895, 又回升至 2017 年的 0.2016。

3.2.2 局部空间自相关

全局空间自相关只能反映黄河流域经济、产业发展与生态环境耦合协调度的整体关联度, 为弥补不足, 本文接下来使用 GeoDa 软件, 来测度耦合协调度的集散状况以及时间演化 (见图 4)。将各地区的耦合协调度的空间聚集类型分为四种情况: 高-高表示地区自身耦合协调度高且周边地区耦合协调度高; 低-低表示地区自身耦合协调度高且周边地区耦合协调度低; 低-高表示地区自身耦合协调度低但周边地区耦合协调度高; 高-低表示地区自身耦合协调度高但周边地区耦合协调度低。对于局部空间自相关性的衡量也需要通过显著性检验, 未通过显著性检验将难以判断空间聚集类型。

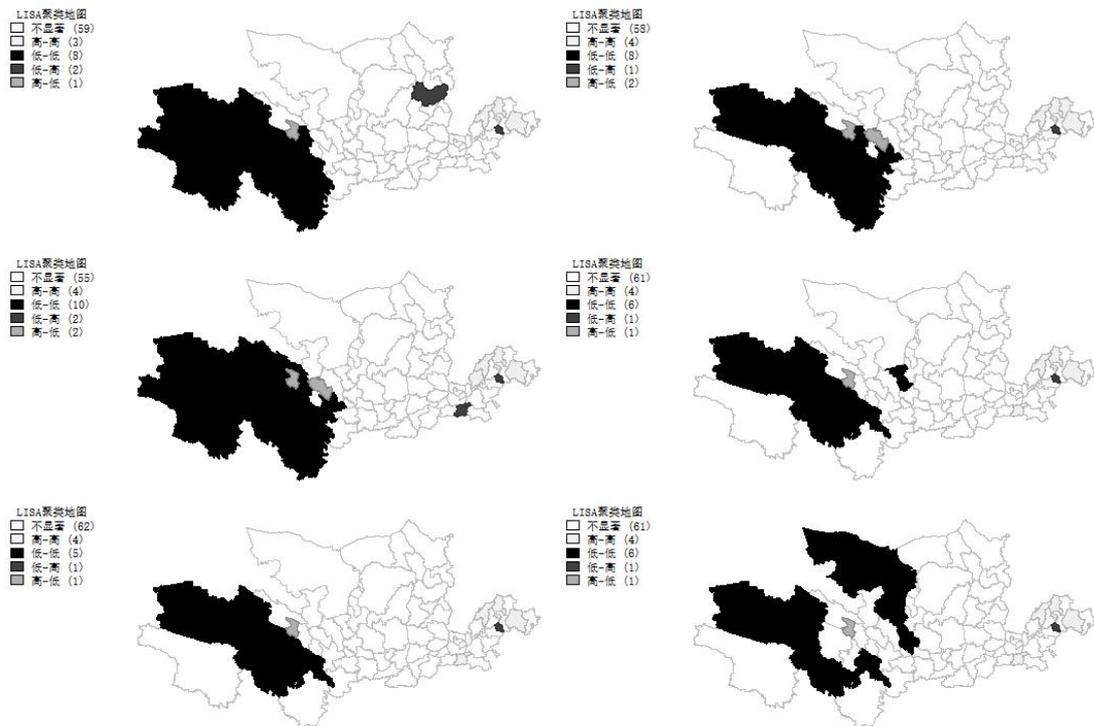


图 4 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同空间关联变化

如图 4 所示, 总体来看, 通过显著性检验的多数地区属于高-高、低-低的情

况，表明耦合协调度较高的地区出现了聚集效应，而耦合协调度较低的地区也出现了聚集效应。具体来说，高-高聚集区主要包括山东省的部分地级市，随着时间的推移，在河南省的地级市也出现了高-高聚集的现象；低-低聚集区主要在黄包括青海以及甘肃的部分地级市以及地级区域，随着时间的推移，在内蒙古和宁夏的地级市也出现了低-低聚集的现象；流域内处于高-低、低-高情况的地区较少。综合来看，黄河流域经济、产业发展与生态环境耦合协调度在空间上呈现显著的高-高聚集与低-低聚集的特征，并且随着时间的演变两种聚集类型的分布及数量基本保持稳定。

3.3 对黄河流域未来耦合协调度的预测

本文基于 GM (1,1) 灰色预测法，对黄河流域 73 个地级市（盟、自治州）未来的经济、产业发展与生态环境三大系统耦合协调度进行预测。步骤如下：

① 设原序列 $X_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$ 有 n 个观测值，通过对原序列累加生成了新的序列 $X_1 = \{x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n)\}$ ，则 GM (1,1) 对应的微分方程为：

$$\frac{dX_1}{dt} + \alpha X_1 = \mu \quad (11)$$

式中， α 为发展灰数； μ 为内生控制灰数。

② 设 $\hat{\alpha}$ 为需要估计的参数向量； $\hat{\alpha} = \frac{\alpha}{\mu}$ ，利用最小二乘法进行求解，解得 $\hat{\alpha} = (B^T B^{-1}) B^T Y_n$ （ B 为构造数据矩阵），求解微分方程，即可得到预测模型：

$$x_1^T \hat{X}_1(k+1) = \left[x_0(1) - \frac{\mu}{\alpha} \right] e^{-\alpha k} + \frac{\mu}{\alpha} \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

③ 对灰色预测进行精确度检验（见表 3），若 P 和 C 都在允许的范围之内，则可计算出该项指标的预测值。

表 3 灰色预测精确度检验等级标准

精度等级	P	C	精度等级	P	C
好	>0.95	<0.35	勉强合格	>0.70	<0.65
合格	>0.80	<0.50	不合格	≤0.70	≥0.65

基于 GM (1,1) 灰色预测模型，借助 MATLAB，去黄河流域沿线 73 个地级市（盟、自治州）2012-2017 年三大系统耦合协调度为分析数据，将预测参数进行设置，预测长度为 2，进而得到三大系统耦合协调预测结果（见图 5）。

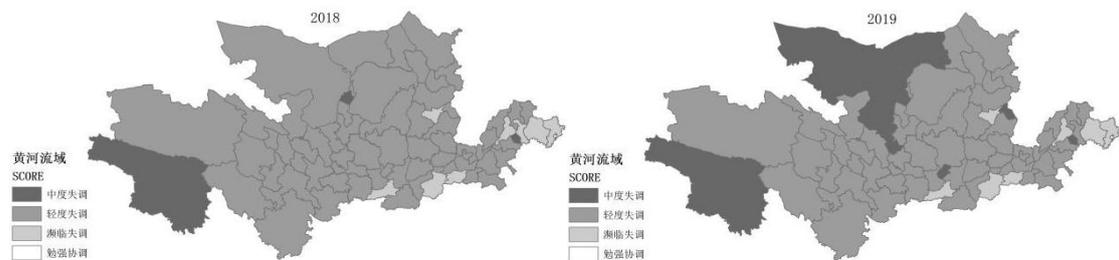


图 5 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同空间格局演化预测

如图 5 所示，黄河流域经济、产业发展与生态环境未来两年的发展趋势大致

延续了 2012-2017 年的变化特征，大多数地区的耦合协调度均呈现平稳或略微上升的演进趋势，也存在少数地区的耦合协调度呈下降态势。本文的预测结果显示，黄河流域 73 个地级市（盟、自治州）的经济、产业发展与生态环境三大系统的耦合协调发展总体上保持平稳，部分地区有所提高，耦合协调度总体上演进速度较为缓慢，达到黄河流域经济、产业发展与生态环境三大系统协调发展仍需要较长的时间。这一预测结果就要求黄河流域各地级市（盟、自治州）在未来发展中，要着力突破自身的限制性因素，努力实现经济发展、产业结构优化升级、生态环境保护三者协调同步、整体提升。

4 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的路径

4.1 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同关系下的产业发展

产业发展是研究黄河流域生态环境保护与高质量发展过程中所需要关注的重点问题，产业发展、产业结构优化升级能够有效推动黄河流域高质量发展。本文使用于春晖等^[21]的方法，计算黄河流域产业结构高级化与合理化指数，测算结果如下：

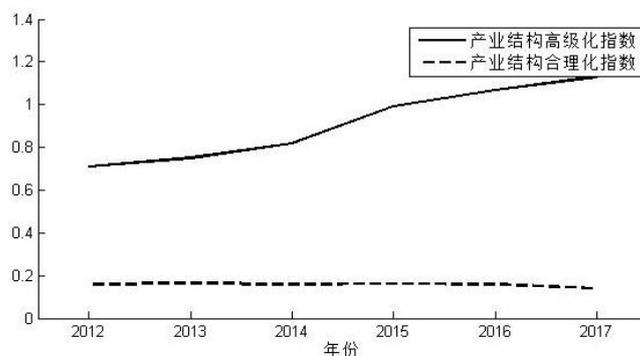


图 6 黄河流域 2012-2017 年平均产业结构高级化与合理化指数变动趋势

从图 6 可以看出，2012-2017 年黄河流域平均产业结构高级化指数显著上升，第三产业产出占第二产业产出的比重正在稳步提升，表明产业结构正逐渐升级；平均产业结构合理化指数多年保持平稳且一直保持在较低水平，但距产业结构充分合理（产业结构合理化指数为 0）还存在较大差距，这就要求黄河流域产业结构仍需不断朝着合理化发展。

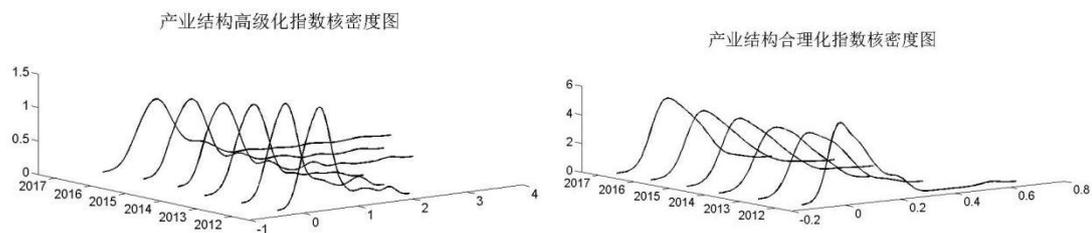


图 7 黄河流域产业结构高级化与合理化指数核密度图

由图 7 同样也可以看出，2012-2017 黄河流域产业结构高级化指数分布较为集中且 2015 年之后高级化指数发生了明显移动，存在明显的右拖尾现象，表明产业结构高级化指数正在逐渐增大；产业结构合理化指数保持平稳略呈减小态势，2013 年起拖尾现象渐趋不明显，表明产业结构合理化指数越趋于集中。在黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同下，产业结构的转型与优化升级有利于黄河流域的发展，推动促进黄河流域高质量发展，亟需推进黄河流域现代化产业体系的构建。

4.2 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同关系下的城市化发展

黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同关系下的城市化发展是极其重要的一环，是促进黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的关键一步。有资料显示，中国的城镇化率在 1949 年处于相当低的水平，仅为 10.64%，经过了长达 70 年的发展，至 2019 年年末，中国的城镇化率显著提升，已达到了 60.60%。中国的城镇化率的显著提高离不开中国经济的发展，同样的，黄河流域的城市化发展也离不开经济的发展，研究黄河流域的城市化发展尤为重要，研究经济、产业发展与生态环境良好耦合协同下的城市化发展具有重要的现实意义。在黄河流域经济、产业发展与生态环境耦合协同发展下，黄河流域的城市化水平也得到了极大的提高。如下图所示，图中为黄河流域多年平均经济、产业发展与生态环境耦合协调度下的城市化水平。根据数据的可获得性，本文用城区人口占常住人口之比来衡量地区城市化水平（部分地区数据缺失）。

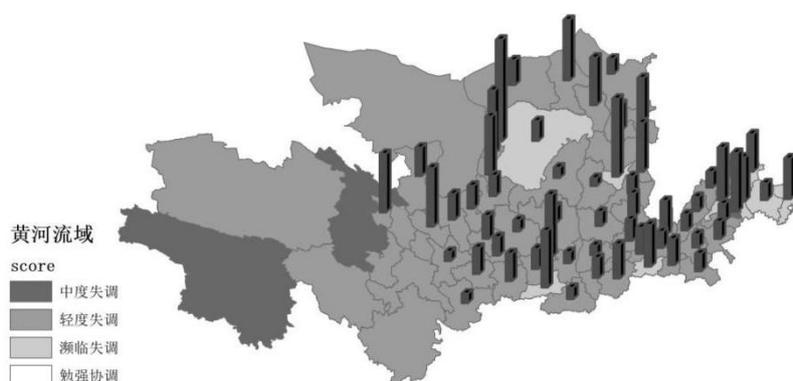


图 8 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同关系下的城市化发展（多年平均）

从图 8 中可以直观地看出，在经济、产业发展与生态环境耦合协调度较高的地区，其城市化水平总体上略高于其他地区。在黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同下，城市化与高质量发展之间的关系并不只是单纯的单向促进关系，而是具有双向影响机制：高质量的城市化推进高质量发展，高质量发展也促进新型城市化发展。要推进中国高质量发展与新型城市化发展，需要增强新型城市化与高质量发展的整体协同性，提升城市发展质量，因地制宜，明确不同地区城市化高质量发展的特点，全面推进城市化高质量发展，打下新型城市化与高质量发展的基础，把新型城市化与区域生态环境及高质量发展有机结合起来。

4.3 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同关系下的水资源利用

黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同关系下的水资源利用同样是极其重要的一环，也是促进黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的关键一步。有资料显示，2019 年，黄河流域水资源的开发量已经高达 79%，远超国际上公认 40% 的警戒线。从图 9 可以看出（部分地区数据缺失），黄河流域水资源量的空间分布及其不合理，多数城市水资源量较少，因发展需要大力开发利用水资源，极不利于黄河流域城市生态环境保护与高质量发展的耦合协同。

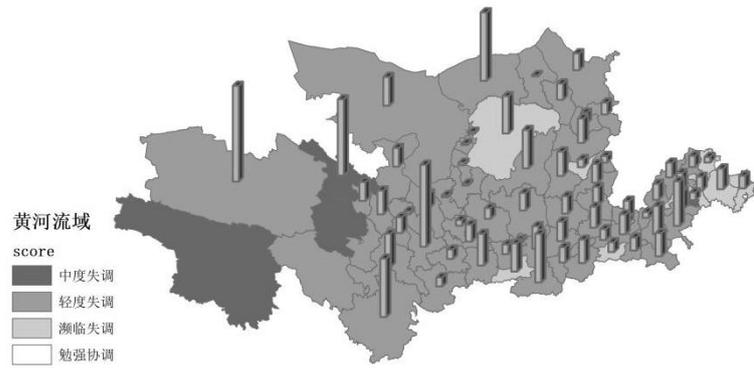


图 9 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同关系下的水资源分布（多年平均）

黄河水少沙多、水沙关系不协调，是黄河复杂难治的重要原因之一，要保障黄河安澜，必须促进推动流域内的水沙关系调节，通过水资源的节约利用协调黄河的水沙关系。在高质量发展之下，黄河流域应建立许可水量动态调整机制，完善水资源费征收标准，推动实施水权转让与交易，推进水资源地节约集约利用，促进黄河流域的高质量发展。

5 黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同支撑体系构建

习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上指出，“推动黄河流域生态保护和高质量发展，非一日之功。”^[4]推动黄河流域的生态保护和高质量发展并不能一蹴而就，而是需要较长时间的精雕细琢，需要流域内所有地区共同的努力与付出。为了让黄河成为造福人民的幸福河，为了实现黄河流域生态环境保护与高质量发展的耦合协同，亟需建立健全黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的支撑体系。

5.1 强化黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的组织保障支撑

构建黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的组织保障支撑，应考虑以下三个方面：

（1）成立中央领导小组，统筹指导、协调推进相关重点工作。黄河流域生态保护和高质量发展与京津冀协同发展等一样，是重大国家战略。应成立中央领导小组，负责黄河流域生态保护和高质量发展耦合协同的总体设计和统筹协调，统筹协调全局性、跨地区的重大问题，指导、推进黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的政策措施的组织落实。

（2）坚持省负总责、市县落实的工作机制。领导小组负责拟定黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同重大规划战略，协调解决跨地区的重大问题。省级层面要成为实施政策的主体，要承担起黄河流域高质量发展的重要责任，省级层面要加强组织动员和推进政策实施完善流域管理体系，主要实践领导小组制定的跨区域管理协调机制。市县层面按照上级单位部署逐项落实到位，推动黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同。

（3）完善河长制湖长制组织体系。全面推行河长制湖长制，是解决中国复杂水问题、保障水安全的重要措施，同时有利于落实绿色发展观念、推进生态文明建设。完善河长制湖长制组织体系，要做到明确落实相关责任，加强黄河流域内水生态环境保护修复的联合防治，能够有效实现黄河流域水资源保护、水污染防治、水环境治理、水生态修复，积极有效推动黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同。

5.2 加强黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的制度保障支撑

黄河流域的生态环境存在特殊性，整体表现为水少沙多、水沙关系不协调，

干流分布不均,年际变化大,且不同流域段的自然禀赋以及地形地貌等存在着较大的显著差异。相关法律制度的完善应从黄河流域整体出发,通过建立具体的法律法规体系实现黄河流域生态环境保护与高质量发展的耦合协同,以完善的法律法规体系作为黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的重要支撑。建立法律法规体系,应考虑到黄河流域资源禀赋差异、地理环境等的复杂性,因地制宜制定相关法律法规,为黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同提供制度保障支撑。具体而言:(1)发挥法律制度的保障作用,让相关单位能应用法律武器去维护自身权益,通过强化环境监管和责任追究的制度,让法律制度保障成为维护黄河流域生态环境权益的重要武器,在黄河流域环境保护与高质量发展耦合协同中起到重要作用。(2)需发挥法律制度对黄河流域环境保护与高质量发展耦合协同的引导作用,在法律的制定过程中将生态保护与经济利益结合起来,做到明确权责关系,消除负外部性,实现黄河流域经济、产业发展与生态环境的耦合协同发展。完善的法律制度是黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的重要制度支撑,是实现黄河流域高质量发展的必要途径。

5.3 完善黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的政策保障支撑

完善黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的政策保障支撑,可从以下三个方面考虑:

(1)积极推动工业行业优化升级。积极推动工业行业优化升级,是实现黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的重要政策支持。大力推动生态工业产业的建设升级,优先保证环保投入,加强煤炭等能源型工业基地环境保护管理能力建设,探索工业园区资源节约的发展模式,建设环境友好型工业园区,渐进式实现产业升级^[22]。同时也要加强资源的循环利用,实现资源型产品的多次利用,加强煤炭等能源型工业基地对工业废物的再利用,加快推进技术完善,实现可持续发展,推动黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同。

(2)发挥地区比较优势,构建高质量发展的动力系统。黄河流域各地区要从实际出发,因地制宜发展适宜产业、促进产业结构升级,形成富有地区特色的高质量发展路径。在生态功能重要的地区,涵养水源、促进河流生态系统健康、提高生物多样性,同时要创造生态产品;在黄河流域的中心城市,要大力发展经济,吸引周边地区劳动力的流入,同时要提高人口承载力;在相对贫困的地区则要提高公共服务水平,全力保障和改善民生,提高居民的幸福度和整体社会福利。

(3)积极参与共建“一带一路”,提高对外开放水平。一带一路是中国与有关国家在双多边机制下的区域合作平台,将推动沿线各地区的发展,发掘区域潜力。黄河流域相应地区要积极参与“一带一路”建设,促进区域发展并加强与其它地区的联系与交流,鉴借发展经验。以开放促改革、促发展是中国改革开放的基本经验,黄河流域各地区主动融入世界市场为能够引入外部监管从而提高综合管理效率,有利于实现推进黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同。

5.4 优化黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的体制机制支撑

黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同不仅需要组织保障支撑、制度保障支撑与政策保障支撑,还需要统筹协调、系统高效的协同合作管理机制作为体制机制支撑。可从以下三个方面考虑:

(1)完善水沙调控机制,形成黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同机制。黄河水少沙多、水沙关系不协调,是黄河复杂难治的重要原因之一,要保障黄河安澜,必须促进推动水沙关系的调节。因此需要形成流域“共同抓好大保护,协同推进大治理”战略思路^[23],打破流域各地区各自为政的局面,解决“九

龙治水”、分头管理问题，形成流域各地区高质量发展相互协同的新格局。黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同需要各地区的协同合作，进行经验的相互鉴戒以及共同进步，为黄河流域的整体发展提供强有力的体制机制支撑。

(2) 完善各级政府对黄河流域生态环境保护的目标责任制，建立黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同的相关绩效考核机制。合理的绩效考核机制会对政策的实施产生显著的正向作用，有利于促进推动政策的落实，从而促进发展。改革开放后的较长一段时间内，以国内生产总值为考核机制的“晋升锦标赛”促进了中国经济的高速增长。同样，黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同应以“晋升锦标赛”机制为参考，建立相应的考核机制作为考核标准，为黄河流域生态环境保护与高质量发展耦合协同提供重要机制支撑。

(3) 完善公众参与制度，发挥公众对黄河流域生态环境保护与高质量发展的重要作用。公众参与制度在适用范围、信息公开等方面尚存缺陷，只有改进这些缺点，公众才能有效参与到政策实施、践行相应使命。黄河流域的高质量发展需要依赖群众的力量，而公众参与制度的完善有助于调动流域内广大居民推进高质量发展的积极性和主动性。将公众参与的范围扩大，并进行分类管理，落实信息公开与公民参与的便利化与精细化。黄河流域的生态环境保护 and 高质量发展需要公众力量作为重要支撑，其发展初衷也是为了人民群众。公众参与制度的完善对相关政策实施效果的强化具有重要意义，也能为黄河流域生态环境保护与高质量发展提供了重要支撑。

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] 王敏,黄滢.中国的环境污染与经济增长[J].经济学(季刊),2015,14(02):557-578.
- [3] 崔鑫生,韩萌,方志.动态演进的倒“U”型环境库兹涅茨曲线[J].中国人口·资源与环境,2019,29(09):74-82.
- [4] 蒋黎,王晓君.环境质量与农业经济增长的内在关系探讨——基于我国31个省区面板数据的EKC分析[J].农业经济问题,2019(12):43-51.
- [5] 王振华,李旭.技术进步、产业结构升级与县域经济增长——以辽宁省为例[J].农业技术经济,2015(02):68-75.
- [6] 戴觅,茅锐.产业异质性、产业结构与中国省际经济收敛[J].管理世界,2015(06):34-46+62+187.
- [7] 孙叶飞,夏青,周敏.新型城镇化发展与产业结构变迁的经济增长效应[J].数量经济技术经济研究,2016,33(11):23-40.
- [8] 张钟文,叶银丹,许宪春.高技术产业发展对经济增长和促进就业的作用研究[J].统计研究,2017,34(07):37-48.
- [9] 黄亮雄,王鹤,宋凌云.我国的产业结构调整是绿色的吗?[J].南开经济研究,2012(03):110-127.
- [10] 黄亮雄,安苑,刘淑琳.中国的产业结构调整:基于三个维度的测算[J].中国工业经济,2013(10):70-82.
- [11] 杨建林,徐君.经济区产业结构变动对生态环境的动态效应分析——以呼包银榆经济区为例[J].经济地理,2015,35(10):179-186.
- [12] 韩永辉,黄亮雄,王贤彬.产业结构优化升级改进生态效率了吗?[J].数量经济技术经济研究,2016,33(04):40-59.
- [13] 方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J].地理学报,2016,71(4):531-550.

- [14] 刘海猛,方创琳,李咏红.城镇化与生态环境“耦合魔方”的基本概念及框架[J].地理学报,2019,74(08):1489-1507.
- [15] 方创琳,崔学刚,梁龙武.城镇化与生态环境耦合圈理论及耦合器调控[J].地理学报,2019,74(12):2529-2546.
- [16] 舒小林,高应蓓,张元霞,等.旅游产业与生态文明城市耦合关系及协调发展研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(03):82-90.
- [17] 周成,冯学钢,唐睿.区域经济—生态环境—旅游产业耦合协调发展分析与预测——以长江经济带沿线各省市为例[J].经济地理,2016,36(03):186-193.
- [18] 李强,韦薇.长江经济带经济增长质量与生态环境优化耦合协调度研究[J].软科学,2019,33(05):117-122.
- [19] 赵传松,任建兰,陈延斌,刘凯.全域旅游背景下中国省域旅游产业与区域发展时空耦合及驱动力[J].中国人口·资源与环境,2018,28(03):149-159.
- [20] 任喜萍,殷仲义.中国省域人口集聚、公共资源配置与服务业发展时空耦合及驱动因素[J].中国人口·资源与环境,2019,29(12):77-86.
- [21] 干春晖,郑若谷,余典范.中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J].经济研究,2011,46(05):4-16+31.
- [22] 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.
- [23] 任保平,张倩.黄河流域高质量发展的战略设计及其支撑体系构建[J].改革,2019(10):26-34.

Coordinated coupling of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin

REN Bao-ping DU Yu-xiang

(College of Western Economic Development, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: Ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin have become major national strategy. This paper analyzed the coordinated coupling mechanism of economy, industry and ecological environment in the Yellow River Basin, and constructs an evaluation index system of coordinated coupling degree. This paper used the coordinated coupling model and the spatial auto-correlation model to analyze space and time differences of the coordinated coupling degree of 73 cities in the Yellow River Basin from 2012 to 2017. And the GM (1,1) gray prediction method was used to predict the coordinated coupling degree in the short term. The results showed that: ① The level of economy, industry and ecological environment in the Yellow River Basin had shown a steady trend in general, and there was no significant differences in the speed of development. However, the coordinated coupling of them are seriously out of coordination, and the coordinated coupling of ecological environmental protection and high-quality development in the Yellow River Basin has not yet reached a coordinated level. ② The coordinated coupling degree had significant global and local spatial auto-correlation features. Global spatial auto-correlation was positive and convergence features was obvious. ③ The forecast results showed that the coordinated coupling degree remained generally stable and coordination has not been reached during the forecast period. The rate of improvement and evolution was relatively slow. Finally, a system method was established for the serious conflict between economic development and environmental protection in the Yellow River Basin. The purpose of this paper was providing a theory basis and lying a certain scientific decision-making basis for ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin.

Key words: the Yellow River Basin; high-quality development; coordinated coupling