

黄河流域城市群生态保护与经济发展耦合的 时空格局与机制分析

孙久文, 崔雅琪, 张 皓

(中国人民大学应用经济学院, 北京 100872)

摘要: 通过研究黄河流域战略背景和城市群发展规划, 本文构建评价生态保护和经济发展的指标体系并运用于城市群比较研究中, 再依据耦合协调度模型、空间自相关和地理探测器, 分析黄河流域七大城市群 2007—2019 年生态保护与经济发展耦合协调时空特征与驱动机制。结果表明: (1) 研究期内黄河流域城市群的经济发展水平有较大提升, 生态保护建设进展较为缓慢, 二者耦合度波动上升。(2) 上游城市群的协调度低于中下游, 整体协调度提升至良好协调。(3) 存在从经济发展滞后型向生态保护滞后型的转变。(4) 各城市群的协调度存在关联效应。(5) 影响耦合的机制和民生发展与对外开放、科技创新与产业发展、绿色发展与农业建设、基本公共服务体系等密切相关。

关键词: 黄河流域生态保护与高质量发展; 城市群; 耦合协调度模型; 驱动机制

2021 年 10 月, 中共中央国务院《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》(以下简称《纲要》) 将黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略, 凸显了黄河流域在国家发展大局和社会主义现代化建设全局中的战略地位。当前, 实现黄河流域生态保护与高质量发展, 需以正确处理好黄河流域生态和经济间关系为突破口, 在生态和经济同向发展甚至协调发展的基础上推进黄河流域打破既有发展路子, 发挥好特殊地理经济区和生态文化保护带的作用。

从空间格局和历史规律的双重视角看, 黄河流域不是类似长江经济带一样的轴线发展模式^[1], 流域内经济发展差距较大, 生态、水资源问题较为突出, 不平衡不充分的发展矛盾更为尖锐。与此同时, 沿黄流域各省区受区位禀赋等因素影响, 经济联系度、分工协作质量、协调发展水平均有待提高^[2], 亟需通过发挥城市群以点带面的重要作用来逐步和稳步实现生态保护与经济发展的协同。《国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》(以下简称“十四五”规划) 曾明确黄河流域共有七个城市群, 从东向西分别为山东半岛城市群、中原城市群、山西中部城市群、呼包鄂榆城市群、关东平原城市群、宁夏沿黄城市群和兰州—西宁城市群。《纲要》中所提到的“五极”涵盖了正文所谈及的七大城市群。为了便于更直观地比较城市群之间的差异, 本文仍然以七大城市群为比较对象, 但在论述山西中部城市群、呼包鄂榆城市群、宁夏沿黄城市群时会以黄河“几”字弯都市圈为整体进行论述以作补充。七大城市群基本涵盖了黄河流域

收稿日期: 2021-08-08; 修订日期: 2022-01-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (72050001)

作者简介: 孙久文 (1956-), 男, 北京人, 教授, 博士生导师, 研究方向为区域经济理论、区域规划、城市可持续发展、资源经济学。E-mail: sunjw@ruc.edu.cn

的绝大多数区域,能够在生态保护和经济发展中起辐射带动作用,为黄河流域生态保护和高质量发展提供相对微观和有效的发展思路。

然而,现有基于城市群视角进行黄河流域生态和经济比较分析的研究较少,有少数是基于山东半岛城市群或关中平原城市群等发达大型单一城市群的研究^[3,4],或关于黄河流域整体生态和经济耦合问题的研究^[5,6],但上述成果主要集中在2019年习近平总书记提出黄河流域生态保护与高质量发展后。同时,基于城市群横向比较分析视角的研究仅探讨了高质量发展和土地利用效率的耦合^[7],或者城镇化与生态环境的耦合^[8]。从黄河流域视角相关成果看,前人研究指出生态和经济耦合呈现平稳态势,但仍未实现协同发展状态;存在空间自相关性和正向累进发展与惯性发展的特征;存在未来耦合协调度总体水平提升但增速缓慢的问题^[6,9]。同时,还有学者分析黄河流域生态与经济发展耦合水平同长江流域的差异性^[1];黄河流域东西部和上中下游间也存在显著的耦合水平差距^[10,11];关于黄河流域土地和生态耦合的研究认为耦合协调度波动相对稳定,但存在着区域层面的不平衡^[12];另有关于黄河流域生态和城市化耦合的研究得出耦合协调度存在空间依赖和空间溢出,说明地方生态经济耦合水平会受周边地区的影响,即存在着实现全局正向发展的可能^[13]。通过梳理相关文献可知,黄河流域整体发展水平较低是不争的事实。由于城市群是促进区域经济发展与改善生态环境的重要实施主体,因此,如何在既有黄河流域全局研究基础上,提供以城市群为分析对象的促进黄河流域生态保护和高质量发展的有益研究是亟待解决的重大问题,更是对现有研究的有益补充。

需要强调的是,围绕黄河流域高质量发展的相关研究尚未形成系统的理论依据和方法论体系^[14],多数文章构建的高质量发展指标体系并未脱离总量、结构、增速等经济发展传统指标体系框架。此外,现有文献中使用的黄河流域经济与生态统计指标的完整度仍不足,如果直接套用前人的指标体系,本文构建的高质量发展指标体系可能有所欠缺,亦无法满足把高质量发展内涵纳入最新指标体系设计的要求。高质量发展是创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念的协同作用,其内涵兼顾生态保护。所以本文在拓展既有经济发展指标体系的基础上,结合生态保护指标体系测算生态和经济的耦合协调度,实质上也体现了《纲要》中黄河流域高质量发展的思想和目的。

总之,本文在借鉴已有研究的基础上,重点以城市群为研究对象,构建考虑因素更加全面详实的指标体系,为较为客观地分析比较黄河流域城市群生态保护和经济发展的耦合协调水平提供依据。本文运用耦合协调度模型分析2007—2019年黄河流域城市群的生态保护与经济发展的时空互动关系,运用空间自相关有效探测七大城市群的生态保护与经济发展的耦合协调度的空间格局特征,运用地理探测器分析黄河流域城市群生态经济耦合发展的具体影响机制,并提出若干有益启示。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究区概况

2007年建设生态文明被写入党的“十七大”报告中。以此时间为节点,本文分析2017—2019年的黄河流域基本情况。根据数据的可得性和完备性,参照黄河流经9省区的流域界定,最终以黄河流域七大城市群为研究对象。七大城市群是黄河流域经济发展增长极和人口、生产力布局的主要载体,亦是《纲要》以高质量高标准建设沿黄城市群

的具体呈现(图1)。

1.2 数据来源

数据大部分来自研究区内各省(自治区)统计年鉴(2009—2017年)、《中国区域经济统计年鉴2008—2020年》《中国城市统计年鉴2008—2020年》和CNRDS数据库。极少部分缺失数据来源于所在城市的国民经济与社会发展公报,或用插值法处理。

1.3 研究方法

1.3.1 指标体系构建

“十四五”规划点明“我国已转向高质量发展阶段”,但高质量发展较难用精准、有限的指标去衡量,现阶段的研究主要集中在黄河流域的生态环境^[6,10,11]、城镇化水平^[5]、水资源治理^[15]、产业发展^[9]、经济增长质量^[1,6,10,11,14]、土地集约利用效率^[12]等方面。黄河流域生态本底脆弱,水资源刚性约束强,是我国特殊的地理经济区,需要充分平衡生态保护和经济发展的关系,其高质量发展是促进生态环境和经济社会全方位的、协调可持续发展。衡量经济发展的指标选取已经较为成熟,而衡量生态保护的指标选取是关键。

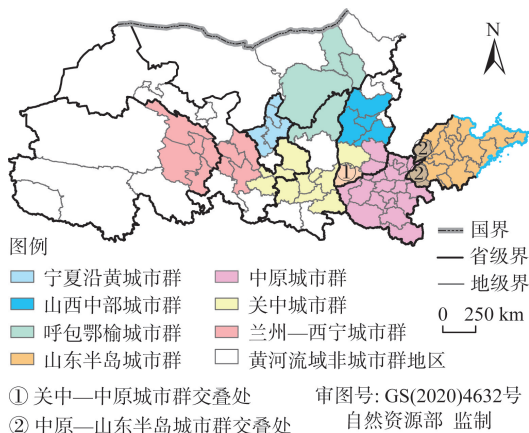
为此,本文根据既有文献,结合“十四五”规划时期经济社会发展主要指标和《纲要》中黄河生态经济带的区域特色,构建了包含生态环境与经济发展两个维度共43个指标的生态—经济复合系统协调发展指标体系(表1)。

(1) 生态保护评价指标体系构建

在生态保护系统的指标选取时,参考《纲要》、“十四五”规划及现有相关文献,遵循“共同抓好大保护、协同推进大治理”的建设原则,以生态保护的“压力—状态—响应”(PSR)理论为依据^[16],选取18个三级指标用以表示和衡量生态保护的发展情况。《纲要》指出以三江源、祁连山、秦岭、贺兰山等区域生态保护建设为重点,上中下游治理方案各不相同,因此生态状态指标较为全面地考虑到森林、自然、耕地、水等多种资源来表示环境的发展水平;生态压力指标衡量人类生产生活活动对生态环境所造成的压力,根据《纲要》中统筹水资源分配利用与产业布局、城市建设的要求,考虑产业布局与城市群建设对于生态造成的压迫;参照“十四五”规划提出的完善市场化多元化生态补偿,鼓励各类社会资本参与生态保护修复,结合《纲要》要求的完善黄河流域生态补偿、水资源节约集约利用等法律法规制度,用生态响应指标表示人类保护生态和防止生态环境进一步恶化所做的弥补措施。总之,通过“压力—状态—响应”的三方结合,能够在考虑黄河流域人与自然交互关系的同时,还考虑到人类经济行为与生态之间的系统作用关系。

(2) 经济发展评价指标体系构建

在区域经济指标的指标选取时,以“十四五”时期经济社会发展主要指标为基础,结合当前区域重视经济高质量发展的形势,借鉴现有相关文献,选取25个三级指标用以



注:本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作,底图无修改,下同。

图1 黄河流域城市群研究区域

Fig. 1 Scope of the research area in the urban agglomerations of the Yellow River Basin

表1 黄河生态经济带“生态—经济”复合系统评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of "ecological-economic" complex system in the Yellow River Eco-economic Belt

一级指标	二级指标	三级指标	指标代码	单位
生态环境	生态状态	森林覆盖率	X_1	%
		人均耕地面积	X_2	千hm ² /万人
		人均绿地面积	X_3	hm ² /万人
		年降水量	X_4	mm
		年平均气温	X_5	°C
	生态压力	万元GDP工业废水排放量*	X_6	万t/万元
		万元GDP工业废气排放量*	X_7	亿标m ³
		万元GDP工业固体废物产生量*	X_8	万t/万元
		人均用水量*	X_9	m ³ /人
		人均用电量*	X_{10}	度/人
	生态响应	单位GDP能源消耗*	X_{11}	m ³ /万元
		工业废水排放达标率	X_{12}	%
		工业固体废物综合利用率	X_{13}	%
		生活垃圾无害化处理率	X_{14}	%
		城镇生活污水处理率	X_{15}	%
		空气质量优良率	X_{16}	%
		万人绿色专利数	X_{17}	件/万人
		PM _{2.5} 浓度*	X_{18}	μg/m ³
经济发展	经济规模	地区生产总值增长率	X_{19}	%
		人均地方财政收入	X_{20}	元/人
		人均固定资产投资额	X_{21}	元/人
		人均社会消费品零售总额	X_{22}	元/人
		人均道路面积	X_{23}	m ² /人
		城市建设用地占市区面积比例	X_{24}	%
		进出口占GDP比例	X_{25}	%
	经济结构	外商投资占GDP比例	X_{26}	%
		第二产业产值占比*	X_{27}	%
		第三产业产值占比	X_{28}	%
		城镇化率	X_{29}	%
		二三产从业人数占比	X_{30}	%
		城市登记失业率*	X_{31}	%
		工业企业数	X_{32}	个
	经济质量	人均GDP	X_{33}	元
		农民人均纯收入	X_{34}	元
		职工平均工资	X_{35}	元
		高铁站数量	X_{36}	座
		万人在校大学生数	X_{37}	人
		万人专利授权数	X_{38}	件/万人
		万人拥有普通高等学校数	X_{39}	所/万人
		万人拥有医院、卫生院床位数	X_{40}	张/万人
		万人拥有藏书量	X_{41}	本/万人
		互联网普及率	X_{42}	%
		万人拥有公共汽车	X_{43}	量/万人

注：*为负向指标。

表示和衡量区域经济的发展水平。习近平总书记在主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会时点明:“黄河流域是一个有机整体,要充分考虑上中下游的差异”。上中下游地区的经济发展情况的差异大体可以概括为经济规模、经济结构和经济质量的差异。经济规模指标易于理解,即用以衡量黄河流域经济发展宏观水平。经济结构指标可以反映黄河流域经济结构转型升级程度和优化水平,参照《纲要》对加大市场化改革力度的要求,纳入反映要素市场化改革和产业结构的指标。经济质量指标用以表征区域经济发展质量和对人民生活的影响程度,参考 Thomas 等^[17]定义的经济质量的内涵,涵盖机会分配、可持续发展、风险管理等方面。通过上述指标的选取,能够较为全面地包括黄河生态经济带经济发展的若干关键因素。

1.3.2 测度方法

本文采用的测度方法包括耦合协调度、空间自相关和影响因素分析三类,具体计算公式及指标解释见表2。耦合协调度测度方法首先通过标准化处理消除省份和数据间的量纲差异,使得各城市群之间具有可比性,再基于两个子系统的权重得到耦合度,基于耦合度推出耦合协调度,基于子系统的综合评价指数进行相对发展水平的测度;空间自相关分析方法能够有效探测耦合协调度的空间格局特征,包括全局和局部空间自相关;影响因素分析方法用于探测地理事物的空间分异性,揭示其背后的具体影响因素。从方法上看,耦合协调度模型在分析中如若存在细节疏漏,便会导致结果不甚准确,本文在计算过程中参考王淑佳等^[18]的研究,确保尽可能得到准确结论。

2 结果分析

2.1 黄河流域城市群生态保护与经济发展的耦合协调分析

2.1.1 生态保护与经济发展的耦合协调时序分析

根据图2关于生态保护子系统综合发展指数的测度结果看,黄河流域生态保护水平从整体上具有在波动中上升的趋势,反映黄河流域多个省出台《环境保护“十二五”规划》改善生态环境的成效显著。2016年以前,上游兰州—西宁城市群的生态发展在全流域中最为缓慢;2016年以后,“几”字弯都市圈生态发展最为缓慢。经济发展子系统综合发展指数显示,研究期内沿黄城市群经济发展水平均取得较大进展,中下游城市群经济发展水平优于上游城市群。中原城市群联通东西,在郑州等增长极带动下经济发展平均增速最快,关中平原城市群经济增速其次,山东半岛城市群始终处于经济发展平均水平之上,兰州—西宁城市群自2013年起经济增速加快并跻身平均水平之上,“几”字弯都市圈经济发展增速则逐渐放缓,自2016年起成为黄河流域经济发展增速最慢的地区。

研究期内耦合度基本处于拮抗阶段,表明黄河流域城市群的生态保护与经济发展之间的关系还相对较弱(图2)。2007—2010年间,山东半岛城市群、兰州—西宁城市群、关中平原城市群、中原城市群、山西中部城市群的耦合度呈现“U”型变化趋势,宁夏沿黄城市群和呼包鄂榆城市群的耦合度则逐渐上升。2011—2013年间,耦合度持续提升,随后便基本保持在稳定水平。产生这一现象主要是因为黄河流域的资源型城市 and 老工业城市占黄河流域城市比例过半^[19],城市资源环境承载压力大、发展质量不高等问题限制了流域整体耦合度的提升。

黄河流域城市群生态保护与经济发展的耦合协调度整体波动上升(图3)。中原城市

表2 研究方法
Table 2 Research methods

测度方法	模型	计算公式	模型释义	作用意义
耦合协调度测度	极差标准化	正向指标: $y_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_{ijmin})}{(X_{ijmax} - X_{ijmin})}$ 负向指标: $y_{ij} = \frac{(X_{ijmax} - X_{ij})}{(X_{ijmax} - X_{ijmin})}$	y_{ij} 为标准值; X_{ijmax} 、 X_{ijmin} 为系统 <i>i</i> 指标 <i>j</i> 的最大、最小值; X_{ij} 为系统 <i>i</i> 指标 <i>j</i> 的值	消除数据量纲导致的差异
	熵权法	$p_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^n y_{ij}$ $E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}$ $w_i = \frac{1 - E_i}{n - \sum E_i}$	w_i 为各指标权重; p_{ij} 为第 <i>i</i> 个城市 <i>j</i> 指标的占比(%); E_j 为 <i>j</i> 指标的信息熵	客观确定指标权重
综合发展指数	耦合度	$U_1 = \sum_{i=1}^n w_{1i} y_{1i}, U_2 = \sum_{i=1}^n w_{2i} y_{2i}$ $C = n \left[\frac{u_1 u_2 \cdots u_n}{\prod (u_i + u_j)} \right]^{\frac{1}{n}}$	U_1 、 U_2 分别代表各子系统的综合功效; n 和 <i>m</i> 均为地级市的个数(个) C 为耦合度。 $0 \leq C \leq 0.3$, 低水平耦合; $0.3 < C \leq 0.5$, 拮抗状态; $0.5 < C \leq 0.8$, 磨合状态; $0.8 < C \leq 1$, 高水平耦合	获得子系统的综合效益 耦合度反映多个系统的相互依赖相互制约程度, 是构建耦合协调度的基础
	耦合协调度	$T = aU_1 + bU_2$ $D = \sqrt{C \times T}$	T 表示综合评价指数; a 和 <i>b</i> 为待定系数, 和为1, 一般均取0.5; D 表示耦合协调度。 $0 \leq D \leq 0.2$, 严重失调; $0.2 < D \leq 0.4$ 轻度失调; $0.4 < D \leq 0.6$, 一般协调; $0.6 < D \leq 0.8$, 良好协调; $0.8 < D \leq 1$, 优质协调	耦合协调度测算多个系统耦合关系中性耦合的程度, 反映协调状况的好坏
相对发展模型		$\beta = \frac{U_2}{U_1}$	β 为相对发展度; U_1 、 U_2 为生态保护和经济发展综合发展指数。 $0 < \beta \leq 0.9$ 为生态保护滞后于经济发展; $0.9 < \beta \leq 1.1$ 为二者同步发展; $\beta > 1.1$ 为经济发展滞后于生态保护	确定特定时间的耦合协调主体
空间自相关分析	空间自相关	$Moran's I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}}$ $G(d) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} x_i x_j / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j$	\bar{x} 和 <i>s</i> ² 表示变量 <i>x</i> 的均值和标准差; n 为研究单元数(个); x_i 和 <i>x_j</i> 为空间单元 <i>i</i> 和 <i>j</i> 的属性值; W_{ij} 为空间权重矩阵	探测耦合协调度空间格局特征, 包括全局和局部空间自相关
影响因素分析	地理探测器	$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2}$	q 为各影响因子对耦合度空间分异的解释程度; N_h 与 <i>N</i> 为层 <i>h</i> 和整个区域样本数量(个); σ_h 和 <i>σ₂</i> 代表层 <i>h</i> 和全域样本方差	用于探测地理事物空间分异性, 揭示其背后驱动因子的方法

群和关中平原城市群以平原为主, 汾渭平原是“一轴两区五极”发展动能中的粮食主产区, 自然条件对城镇建设、产业现代化的约束作用弱, 因而生态保护与经济协调度水平更容易向好发展, 2007—2019年分别上升了101.52%、80.97%。“几”字弯都市圈耦合协调度上升幅度较小, 宁夏沿黄城市群仅上升46.86%, 这是因为“几”字弯都市圈包括“两区”中以山西、鄂尔多斯盆地为主的煤炭能源富集区, 产业结构重多轻少, 能源利用和污染排放方式粗放, 人均能耗在全国排名第一。

2.1.2 生态保护与经济协调空间分析

(1) 耦合协调度分析

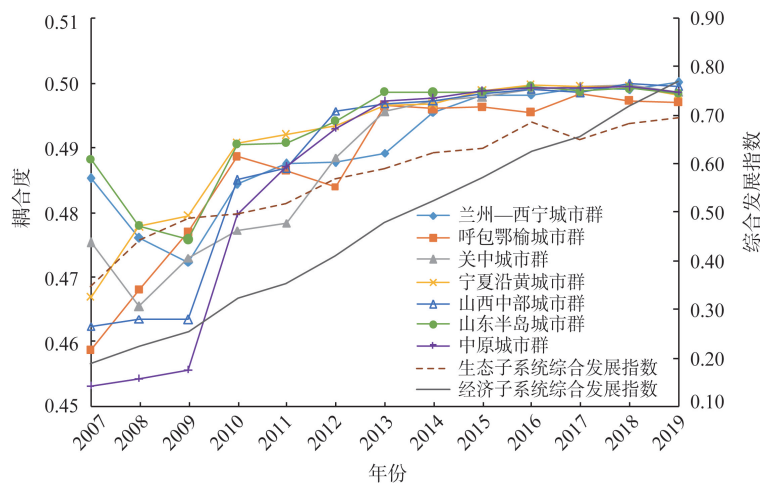


图2 生态保护与经济发展综合发展指数与城市群耦合度的时序特征

Fig. 2 Time series characteristics of the comprehensive development index and coupling degree between ecological protection and economic development

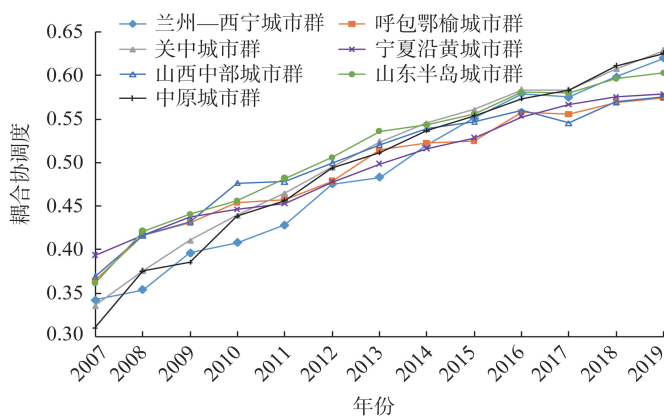


图3 生态保护与经济发展耦合协调度的时序特征

Fig. 3 Time series characteristics of coupling coordination degree between ecological protection and economic development

如图4所示,在2007—2019年的关键年份^①,黄河流域城市群生态保护与经济发展耦合协调度呈现上游城市群低于中下游的分布格局,这与“十四五”规划要求扎实推进黄河流域生态保护和高质量发展应加大上游重点生态系统保护和修复力度相吻合。2007年生态保护与经济发展的耦合协调度保持在0.31~0.40之间,2012年为0.47~0.51,2017年为0.55~0.58,2019年为0.57~0.63。2007—2019年间,黄河流域城市群的生态经济耦合协调度一直在向好发展,从基本轻度失调的局面转变为基本良好协调的状态。在空间分布上,下游城市群协调度整体较高,“几”字弯都市圈协调度整体较低。

总体而言,黄河流域上游城市群的生态经济协调度低于中下游。宁夏沿黄城市群、

① 本文基于中国共产党全国代表大会的召开时间,考虑数据可得性,选择2007年、2012年、2017年和2019年为重要时间节点。其中,2007年、2012年、2017年分别召开中国共产党第十七次、第十八次、第十九次全国代表大会,2019年为可获得的最新数据,下同。

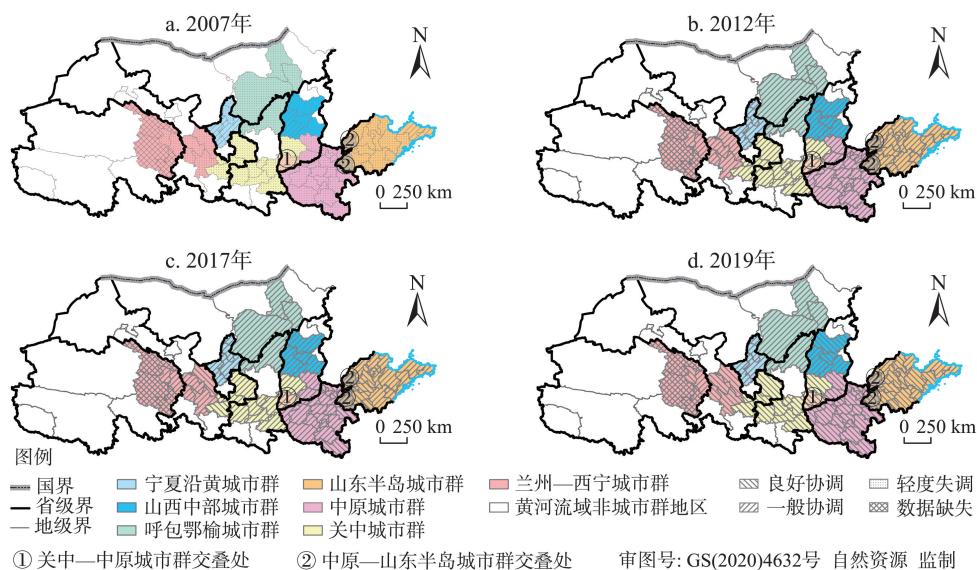


图4 黄河流域城市群生态保护与经济发展耦合协调度时空格局

Fig. 4 Spatial and temporal pattern of coupling coordination degree between ecological protection and economic development in the urban agglomerations of the Yellow River Basin

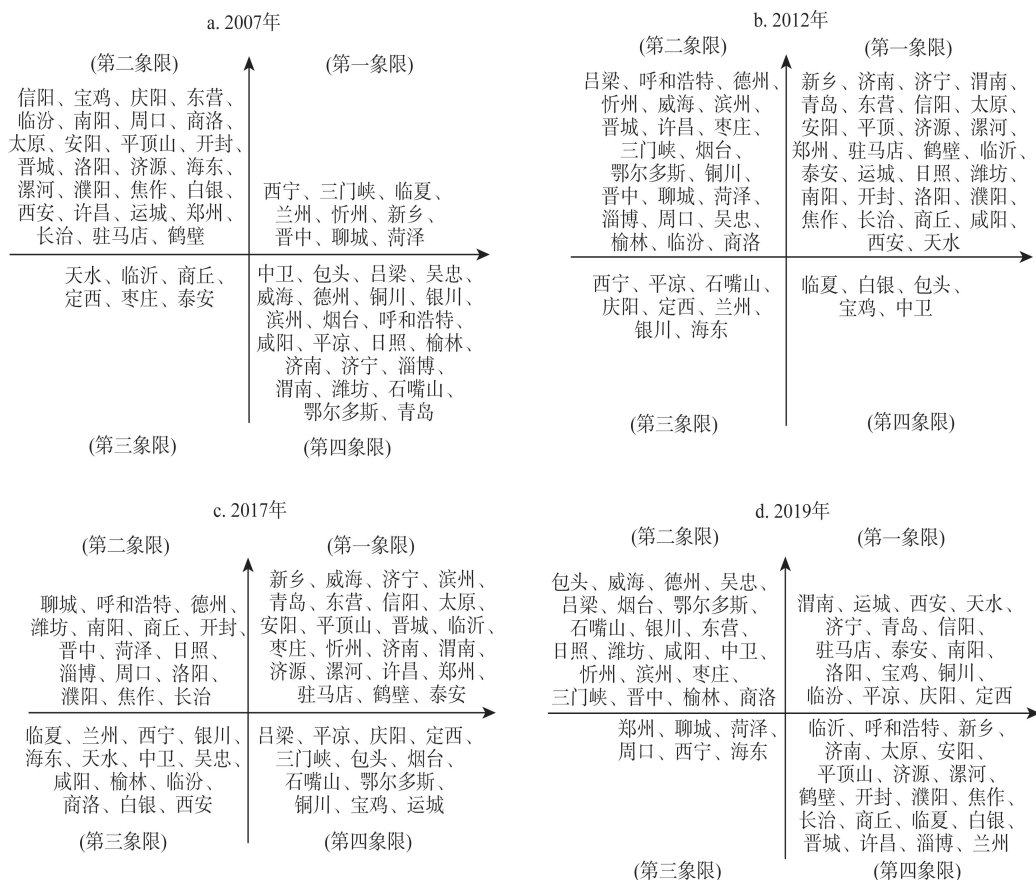
呼包鄂榆城市群、山西中部城市群的耦合协调度相对较低。“几”字弯都市圈资源型城市以及重化工业城市数量众多，受到土地、能源、水等资源使用方式粗放、污染物大量排放、产业结构单一低质、财政金融支撑薄弱等因素制约，经济发展对于生态保护的影响和破坏较为严重，导致二者耦合协调水平相对较低。

(2) 空间关系分析

计算 Global Moran's I 得到生态保护与经济发展耦合协调度的全局空间自相关情况。四个年份的 Global Moran's I 值均通过显著性检验 [$Z(I) > 1.96$, $P(I) < 0.05$]^②，说明黄河流域城市群耦合协调度具有较强的空间自相关性。同时，存在高值集聚周边为低值集聚城市围绕、低值集聚周边为高值集聚城市围绕的空间负相关特性。形成上述空间特征主要是因为黄河流域城市生态经济发展水平与质量参差不齐。

进一步基于莫兰散点图分析集聚情况发现（图5），2007年HH集聚地区集中在兰州—西宁城市群、中原城市群和山西中部城市群，LL集聚区主要集中在山东半岛城市群和关中平原城市群，说明包括“几”字弯都市圈在内的上中游城市群在黄河流域发展中起到了促进周边地区发展的带动作用，生态保护与经济发展的协调度较高。下游的山东半岛城市群和关中平原城市群需要找准自身优势突破既有限制。之后，2012年、2017年和2019年的集聚情况存在显著波动，不同集聚类型区域逐渐变化，下游沿海区域的HH集聚区并未多于上中游流域，表明黄河流域生态经济空间格局从上游、下游的两极分化逐渐走向多元化发展。与2007年相比，2012年和2017年的HH集聚型城市个数增加，HL集聚型城市个数减少，说明黄河流域城市群整体生态保护与经济发展的耦合协调度上升，协同发展效应明显。到2019年，HH集聚区处在关中平原城市群；LL集聚区则分布在原2007年HH集聚区的兰州—西宁城市群和中原城市群，这与分析的不同城市群的耦

② 2007年 Moran's $I = -0.031$ ，2012年 Moran's $I = 0.019$ ，2017年 Moran's $I = -0.013$ ，2019年 Moran's $I = -0.026$ 。



注：各年均按照四个象限划分，即第一象限为HH集聚，第二象限为LH集聚，第三象限为LL集聚，第四象限为HL集聚。

图5 黄河流域城市群内各城市空间集聚特征分类

Fig. 5 Classification of spatial agglomeration characteristics of cities in the urban agglomerations of the Yellow River Basin

合协调水平随着时间的变化具有异质性相吻合。

2.1.3 生态保护与经济发展相对发展类型

黄河流域城市群生态保护与经济发展的相对发展水平存在时空异质性，参见图6。

2007—2016年可以概括为经济发展滞后阶段，黄河流域通过承接产业转移并提高经济对外开放水平，促使各城市群经济发展较为迅速，实现了人口集聚与用地扩张。上游城市群丰富矿产资源的开发利用给生态环境带来较大压力，导致生态系统与经济系统的综合发展水平差距逐渐扩大。黄河流域生态本底脆弱，多年平均水资源总量647亿 m^3 ，不到长江的7%^[2]。随着经济低质发展导致资源环境约束加剧，重污染天气出现频率增高。

2017年，黄河流域城市群的整体相对发展类型多过渡到了同步发展阶段，尤以中原城市群内部同步发展类型的地级市占比最高，高达61%。除山西中部城市群外，黄河流域其余六个城市群的大部分城市经济发展和生态保护均达到了较为平衡的同步发展状态。一方面由于经济总量持续增长，另一方面由于区域生态安全协作稳步启动，“几”字弯都市圈加强联系，生态环境共保共治，例如宁夏回族自治区与甘肃省签订水污染联防联控协议，与内蒙古自治区签订大气污染治理协议等，实现空气质量明显改善、黄河干流

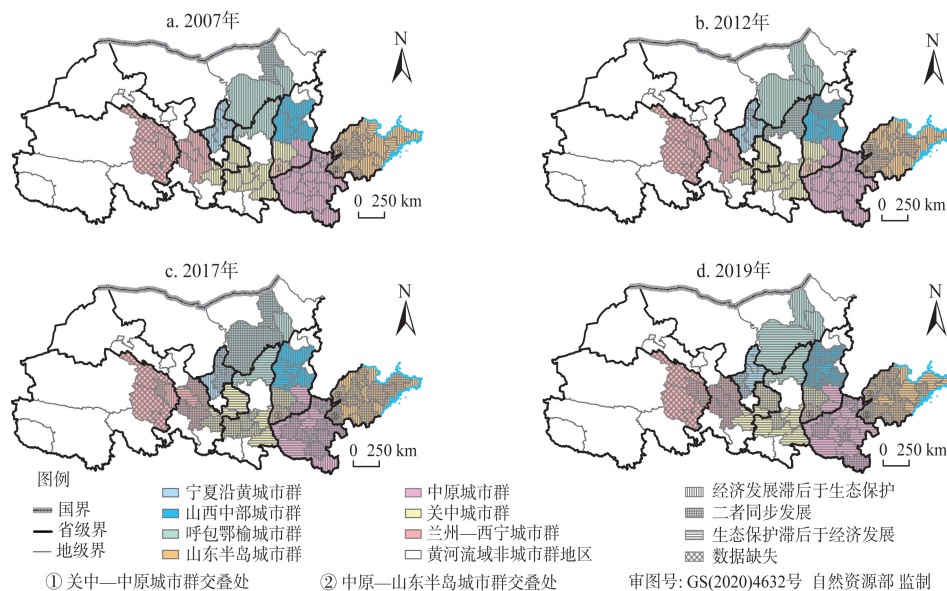


图6 黄河流域生态保护与经济发展的相对发展类型空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of relative development types of ecological protection and economic development in the Yellow River Basin

“Ⅱ类进Ⅱ类出”的优水质成果，促进生态系统与经济系统的综合发展水平差距逐渐缩小。

2018—2019年为生态保护滞后阶段。黄河流域城市群发展迅速的同时也对生态环境带来了严重负面影响，在中央和各级地方政府意识到环境保护的重要性后，加强以生态保护思想为指导注重绿色化和可持续性发展，导致耦合度出现小幅下降。随着黄河流域生态安全得到更多重视，资源优化配置，要素有序流动，生态环境进而好转，生态保护和经济发展的协调度继续上升。2019年，黄河流域4/7的城市群由同步发展转变为生态滞后型。仅山东半岛城市群、山西中部城市群和兰州—西宁城市群仍处于整体同步发展的相对发展状态，表明黄河流域仍需加大生态保护力度，继续开展能耗双控工作。

总的来说，黄河流域城市群经历了从经济发展滞后型向生态保护滞后型的转变。黄河流域上中游资源环境较为脆弱，经济发展水平也与全国平均水平存在较大差距，因此整体耦合协调水平差距不大。同时，由于生态保护是长期性工作，经济发展相较而言可以短期提高，所以在耦合协调度计算过程中权重的高低便导致了初期相对发展类型多为经济发展滞后。随着经济发展的推进，城市对资源需求的增长，导致对自然资源的占有和损耗以及生态环境的恶化，降低了城市群居住环境的舒适度和投资环境的竞争力，进而对经济发展起到一定阻碍作用。

2.2 黄河流域城市群生态保护与经济发展的耦合协调的影响机制

由前述分析可知，黄河流域城市群生态保护与经济发展的耦合协调水平有待提高，耦合协调发展质量仍需加强，从而更好地推动黄河流域生态保护与高质量发展。为此，本文选取重点因素作为探测因子，运用地理探测器进一步探究耦合协调度波动背后的具体机制。

在运用地理探测器分析耦合协调机制时，一般是基于研究区特征选取6~15个指标分析耦合协调度时空格局的驱动机制^[18,20]。本文在遵循既有分析思路和借鉴前人研究的基础

上^[21-24]，依据耦合协调度测算得到的各指标权重，将43个指标按照权重从大到小排序，选取前20个作为耦合协调机制分析中的探测因子，并基于指标特性划分为七个类别，具体内容见表3。然后，将城市群内各城市各年各个指标取均值作为分析城市群整体的对应探测因子的统计结果，令探测因子按照K-Means聚类方式分为1、2、3、4、5五类。之后，利用地理探测器，分别计算时序和城市群异质性比较下探测因子的影响能力，依照影响能力从高到低排序确定探测因子对耦合协调度影响的差异。其中，探测因子影响能力最强表示为1，反之为20。

表3 探测因子
Table 3 Detection factors

划分类别	探测因子
绿色环境	人均耕地面积 X_2 、空气质量优良率 X_6
城市发展与人民生活	地区生产总值增长率 X_{19} 、人均固定资产投资额 X_{21} 、人均社会消费品零售总额 X_{22} 、城市建设用地占市区面积比例 X_{24} 、城镇化率 X_{29} 、农民人均纯收入 X_{34}
科技创新	万人绿色专利数 X_{17} 、万人专利授权数 X_{38}
产业发展与结构	第二产业产值占比 X_{27} 、第三产业产值占比 X_{28} 、工业企业数 X_{32}
对外开放	进出口占GDP比例 X_{25} 、外商投资占GDP比例 X_{26}
交通运输	人均道路面积 X_{23} 、高铁站数量 X_{36}
基本公共服务	万人在校大学生数 X_{37} 、万人拥有藏书量 X_{41} 、互联网普及率 X_{42}

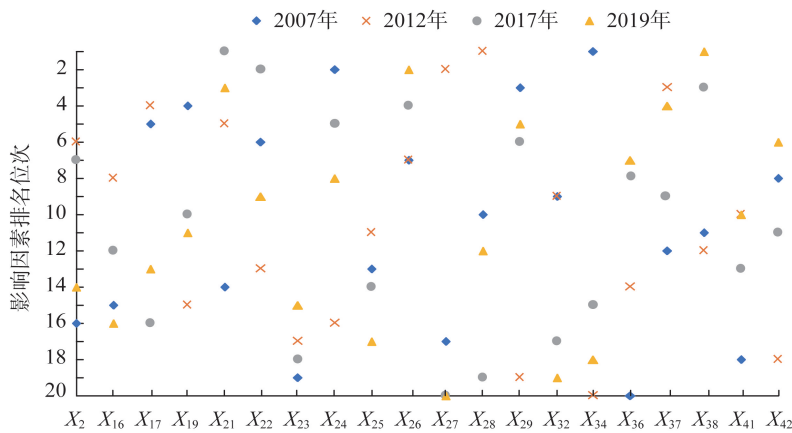
2.2.1 耦合协调度分异的影响要素探测

(1) 时序分析

由图7可知，外商投资占比、人均固定资产投资额、万人专利授权数、万人在校大学生数等是在研究期内影响生态保护和经济协调发展的重要因素，在进入新时代以后，上述探测因子的位次更加靠前，反映出加强对外开放、投资、科技创新和人才储备对黄河流域城市群生态经济耦合发展具有重要作用。

分阶段看，不同年份影响耦合协调度的因素存在变化。2007年主要是受农民人均纯收入、城市建设用地占比、城镇化率、地区经济增长率等因素影响。因为2007年经济发展水平相对较低，追求经济和收入增长是黄河流域的共同目标，这基本与经济发展初期城市发展盲目追求扩张和短期绩效相吻合。2012年受第三产业产值占比、第二产业产值占比、万人在校大学生数、万人绿色专利数等因素影响较多，这是由于随着经济发展，经济运行结构和质量逐渐受到重视，产业发展和劳动力驱动经济增长。2017年人均固定资产投资额、人均社会消费品零售总额、万人专利授权数、外商投资占GDP比例等是关键影响因素，反映了十九大以来，起主要影响的探测因子发生转变，呈现出以投资、消费、开放和创新为驱动力的基本格局。2019年万人专利授权数、外商投资占GDP比例、人均社会消费品零售总额等因素发挥重要作用，因为创新型国家建设成果显著，企业创新能力和经济对外开放程度愈发得到重视。

总之，从时序分析中能够看出，黄河流域城市群生态保护与经济发展和耦合在四个不同时间点上存在以经济增长为驱动、产业发展和劳动力为驱动、投资和消费为驱动、创新和对外开放为驱动的变化特征。这一变化与黄河流域所处经济发展阶段和发展战略有关。当前，黄河流域生态保护和高质量发展战略的适时提出，为未来黄河流域发展指明了新的方向。



注：图中横坐标对应的指标请参照表1，下同。

图7 黄河流域生态保护与经济发展的耦合协调度影响因素时序分布

Fig. 7 Time series distribution of influencing factors of coupling coordination degree between ecological protection and economic development in the Yellow River Basin

(2) 城市群比较分析

由于七大城市群地处黄河流域上中下游，不同流域自然与经济环境上的差异导致不同城市群在探测因子对耦合协调度的影响能力分析中存在不同。图8证明了上述结论。从城市群整体探测分析中能够看出，基本公共服务、交通基础设施建设、科技创新、对外开放和人民生活对各城市群均产生了不同程度而影响。各探测因子对耦合协调度的影响能力变化存在着一致性和差异性。

具体而言，山东半岛城市群地处黄河下游，城镇化率、地区经济增长率、农民人均纯收入、互联网普及率和人均道路面积是影响城市群生态与经济协调发展的重要因素，反映山东半岛城市群是以经济发展为主导加快新旧动能转换，优化城市发展格局，实现生态保护与经济发展的双向耦合，这一驱动机制与该城市群地处沿海，经济发展水平、

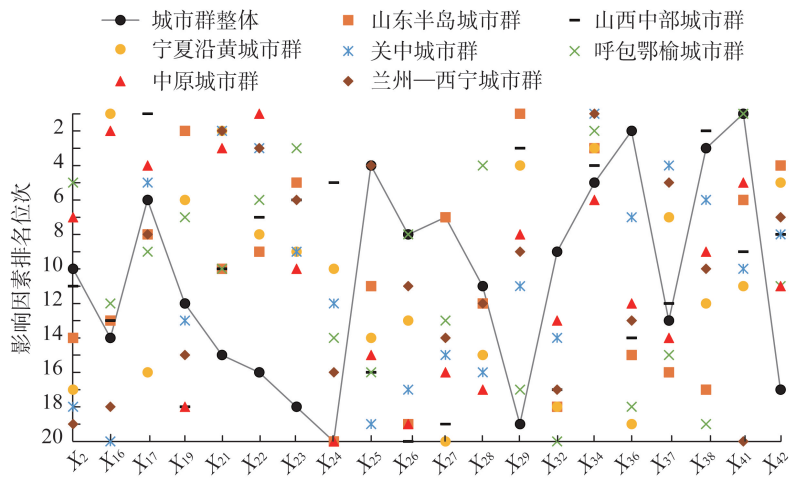


图8 黄河流域生态保护与经济发展的耦合协调度影响因素空间分布

Fig. 8 Spatial distribution of influencing factors of coupling coordination degree between ecological protection and economic development in the Yellow River Basin

人口集聚和科创实力相对较高有着紧密联系。

中原城市群、关中平原城市群、山西中部城市群、呼包鄂榆城市群地处黄河中游，具有干旱少雨、黄土高原水土流失严重、资源型城市较多的共同特征，形成从银川经呼和浩特至太原三个中心城市辐射发展的“几”字弯都市圈。从地理探测分析结果看，农民人均纯收入、人均社会消费品零售总额和万人绿色专利数这三大探测因子对中游四大城市群均具有较大的影响能力，说明经济发展与环境保护并行能够较好地促进城市群生态与经济的耦合协调。

宁夏沿黄城市群和兰州—西宁城市群地处黄河上游，空气质量优良率、人均固定资产投资额和农民人均纯收入对生态经济耦合协调度影响较大。围绕提升上游“中华水塔”水源涵养能力，绿化、还草、治水、治沙，营造西部生态屏障的生态文明建设和生态保护工作对黄河流域上游经济协调发展的作用较大。

综上，通过分析沿黄城市群起重要影响的探测因子特征与规律，发现推进黄河流域生态保护与高质量发展需要以保障人民收入为重点，拓宽投资消费渠道，在解决好黄河流域水资源问题的基础上，依托经济发展加大生态环境保护投入力度，遵循“大保护”和“大治理”推动黄河流域高质量发展，切实推进黄河流域生态环境改善和经济发展质量的提高。

2.2.2 基于决定性影响因素的耦合机制分析

地理探测器分析结果揭示了探测因子在黄河流域城市群生态保护和经济发展耦合协调度上的影响能力差异。实现生态保护与经济发展的耦合协调是环境保护、城市发展、人民生活、科技创新、产业水平、对外开放、交通运输和基本公共服务等多类型驱动因子共同作用后的结果。关于耦合协调机制及具体作用路径参见图9。从中可见，基于7类20个探测因子的划分和选取，能够从城市/民生发展与对外开放、科技创新与产业发展、

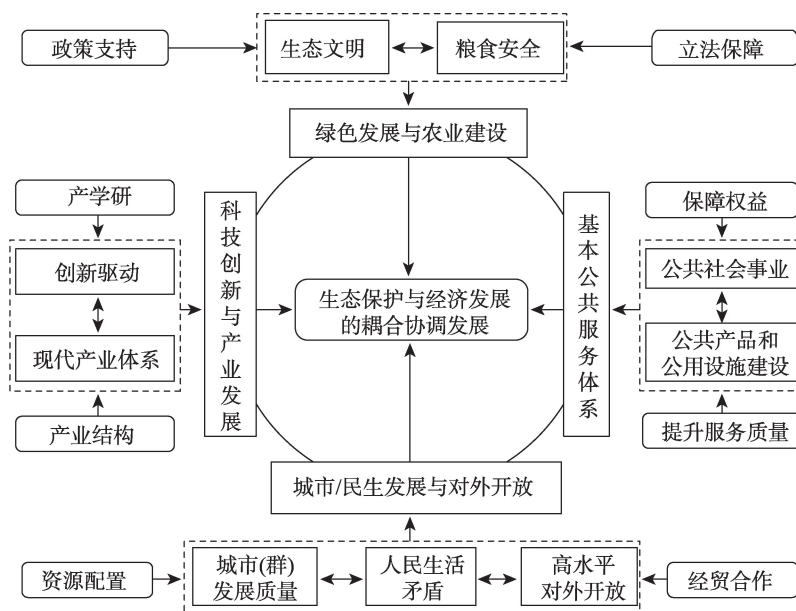


图9 生态保护与经济发展的耦合协调机制

Fig. 9 Coupling coordination mechanism of ecological protection and economic development

绿色发展与农业建设和基本公共服务体系四个方面分析黄河流域城市群生态保护与经济发展的耦合协调发展机制,并能够基于这一路径指明未来提升耦合协调质量的基本思路。

(1) 城市/民生发展与对外开放机制

切实处理好“人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”是城市发展过程中必须解决的问题。同时,实现高水平对外开放能够丰富城市发展内涵,提高城市多样性。黄河流域城市群间存在着经济分化,城市群内部也存在着发展差距,双重差异的堆叠限制了黄河流域生态保护与高质量发展的推进。沿黄城市群应正视流域内城市发展不足和欠发达地区仍将阶段性存在的现实,充分挖掘地区内部的比较优势来打造黄河流域高质量增长极,实行对内对外两头开放的城市群协同战略。对内承接沿海地区新兴产业和先进制造业产业转移,基于地区资源禀赋和自然地理环境加强要素流动和优化配置,避免城市群间同质化产业建设,最终实现供需两端的高质量双循环发展。对外发展依托沿黄口岸城市的外向型经济,搭建起黄河流域城市群沿海内陆、东西双向的对外交流通道、重要商贸枢纽和人文交流基地。

(2) 科技创新与产业发展机制

形成以创新为主要动能的现代化经济廊道是黄河流域参与国际经济分工的战略布局。一方面,科技创新对城市经济发展和生态环境保护起到支撑,搭建产学研联共享的绿色研发平台,结合技术转移共同实现黄河流域生态与经济的高质量协调发展。另一方面,管理或技术上的优化创新能够有效推动产业结构优化升级。黄河流域城市群间产业发展存在一定差异,基于已发布的各城市群发展规划可知,“几”字弯都市圈在已有能源、冶金和畜牧业发展优势的基础上提出要建设高端能源化工、战略性新兴产业和绿色农畜产业生产加工产业集群,而中原城市群则是在自身地理位置、制造业发展水平较高的基础上指明要成为先进制造业和现代服务业基地、内陆地区双向开放新高地。由此可以看出,基于本地资源优势和发展目标,构建适宜的产业结构,利用现代化发展诉求与科学治理才可形成现代产业体系。

(3) 绿色发展与农业建设机制

黄河流域水资源约束一直是地方生态环境脆弱和农业发展受限的主因,资源型城市和发展重工业的城市较多,亦导致黄河流域空气质量有待进一步加强。“共同抓好大保护、协同推进大治理”是完善黄河生态系统建设主要原则。践行生态文明能够修复黄河流域生态脆弱性和改善自然气候环境,恪守粮食安全能够稳定粮食生产产量和人民生活水平,改善农业生态环境,保证粮食主产区的重要地位。同时,由于农业生产具有对自然环境产生负效应的天然劣势,要依靠绿色生态技术、种植结构、种植与生产经营模式尽可能减少对环境的负面影响,实现农业与绿色发展齐头并进。在政策支持和立法保障的双重维护下,促使“五极”所涵盖的七大城市群发挥各地比较优势,走出具有黄河流域特色的高质量发展道路,推动生态保护与经济发展的双向协调耦合。

(4) 基本公共服务体系机制

实现基本公共服务均等化是当前社会发展的重要任务,对改善人民群众生产生活质量 and 改善社会发展宏观环境起指导作用。目前黄河流域城市群在基本公共服务体系上存在供给不足,通过提供高质量的公共服务,可以提高生态保护与经济发展的耦合协调水平^[25,26]。据此,从公共交通、公共教育、公共卫生、公共文化等多领域切实提高服务

质量,保障各方主体根本权益,能够促进沿黄城市群之间的经济交往和沿黄环保共治合作,还能推动人口的集聚和流动,为生态保护与经济发展的耦合协调助力。实现基本公共服务均等化也是推动黄河流域治理能力现代化的有效手段,有助于满足人民群众基本生活需要和促进机会均等,实现人民群众共享经济社会发展硕果,并为黄河流域未来更加绿色、可持续和高质量的发展贡献力量。

3 结论与建议

3.1 结论

分析结果表明:(1)研究期内黄河流域七大城市群的经济发展水平有较大提升,但生态建设进展较为缓慢,二者耦合度波动上升。(2)上游城市群的生态—经济协调度低于中下游,整体协调度提升至良好协调,较过去显著失衡的发展模式有了极大改善。(3)黄河流域城市群经历了从经济发展滞后型向生态保护滞后型的转变。(4)各城市群的生态保护与经济发展的协调度存在关联效应。(5)生态保护与经济发展的耦合在研究期内存在以经济增长为驱动、产业发展和劳动力为驱动、投资和消费为驱动、创新和对外开放为驱动的变化特征。生态保护与经济发展的耦合协调是不同影响因素相互作用形成绿色发展、科技创新、公共服务、民生发展共同推动的结果。

3.2 政策建议

结合上述分析,不难看出黄河流域城市群的生态保护与经济发展的耦合协调度并未如既有认知那样,存在着从东向西、从下游到上游耦合水平降低的绝对趋势。据此,提出促进黄河流域城市群生态与经济深度耦合的政策建议:

(1)黄河流域要紧抓重要国家战略,利用各地资源禀赋和经济特色,结合《纲要》与“十四五”规划的具体目标和要求,因地制宜地构建好具有绿色化、专业化和系统化的政策体系。同时,利用好目前对外开放为流域生态经济耦合的主要驱动因素特征,一方面要结合“一带一路”倡议以保护、传承和发扬黄河文化,另一方面要依托沿黄口岸城市创新式发展外向型经济,特别是发挥宁夏沿黄城市群、关中平原城市群和兰州—西宁城市群覆盖丝绸之路经济带的战略优势,搭建起黄河流域城市群沿海内陆并举、东西双向兼顾的对外交流通道、物流商贸枢纽与人文交流基地。

(2)黄河流域城市群要加强区域合作与交流,敢于突破行政区划限制,形成统一的体制机制。基于黄河流域城市群耦合协调度的空间自相关性,利用城市群中的对外开放中心、科技中心和经济中心城市优势,推进建设黄河流域生态保护和高质量发展先行区、试验区,形成绿色可持续的科技研发共享链、要素流动价值链和生态建设互补链,从而在生态保护与高质量发展的过程中促进欠发达城市群的发展,最终开创全局联动互补的生态补偿和经贸往来的高质量发展新格局。

(3)黄河流域不同城市群内不同耦合水平的城市,要基于城市发展目标、主导产业和产业结构,将生态保护和提质增效相结合,形成生态友好的经济发展宏观环境。根据上中游城市群和下游城市群的生态—经济协调度异质性,上游、中游和下游地区应差异化地基于本地产业特色和资源禀赋,渐进式调整粗放型、高污染等非绿色经济发展模式与结构,深挖地区经济发展新动能,助力生态环境保护目标不动摇。抢抓碳达峰、碳中和战略机遇,严格把控上中游城市群建设各类开发区,创新并畅通“几”字弯都市圈

内体制机制,例如建设跨省碳排放权交易、生态补偿等通道,切实起到城市群以点带面实现黄河流域生态保护与经济发展的高水平协同的作用。

参考文献(References):

- [1] 樊杰,王亚飞,王怡轩.基于地理单元的区域高质量发展研究:兼论黄河流域同长江流域发展的条件差异及重点.经济地理,2020,40(1): 1-11. [FAN J, WANG Y F, WANG Y X. Study on regional high-quality development based on geographical units: Also on the differences and key points of development between the Yellow River Basin and the Yangtze River Basin. Economic Geography, 2020, 40(1): 1-11.]
- [2] 中共中央国务院.黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要, http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/08/content_5641438.htm, 2021-10-08. [The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council. Outline of the Yellow River Basin ecological protection and high quality development plan, http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/08/content_5641438.htm, October 8, 2021.]
- [3] 杜霞,孟彦如,方创琳,等.山东半岛城市群城镇化与生态环境耦合协调发展的时空格局.生态学报,2020,40(16): 5546-5559. [DU X, MENG Y R, FANG C L, et al. Spatial-temporal pattern of coordinated development of urbanization and ecological environment in Shandong Peninsula Urban Agglomeration. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(16): 5546-5559.]
- [4] 白玉娟,洪增林,薛旭平,等.关中平原城市群土地集约利用与生态文明建设耦合性研究.水土保持研究,2021,28(3): 272-280. [BAI Y J, HONG Z L, XUE X P, et al. Study on the coupling between intensive land use and ecological civilization construction in Guanzhong Plain Urban Agglomeration. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(3): 272-280.]
- [5] 赵建吉,刘岩,朱亚坤,等.黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素.资源科学,2020,42(1): 159-171. [ZHAO J J, LIU Y, ZHU Y K, et al. Spatio-temporal pattern and influencing factors of coupling between new urbanization and ecological environment in Yellow River Basin. Resources Science, 2020, 42(1): 159-171.]
- [6] 刘琳轲,梁流涛,高攀,等.黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应.自然资源学报,2021,36(1): 176-195. [LIU L K, LIANG L T, GAO P, et al. Coupling relationship and interactive response between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. Journal of Natural Resources, 2021, 36(1): 176-195.]
- [7] 韩磊,何佟佟,杨勇.城市群高质量发展与土地利用效率耦合协调度评价:基于黄河流域七大城市群的实证分析.河南师范大学学报:哲学社会科学版,2021,48(1): 95-101. [HAN L, HE T T, YANG Y. Evaluation of coupling coordination degree between high-quality development of urban agglomeration and land use efficiency: An empirical analysis based on seven urban agglomerations in the Yellow River Basin. Journal of Henan Normal University, 2021, 48(1): 95-101.]
- [8] 孙斌,徐渭,薛建春,等.黄河流域城市群城镇化与生态环境耦合协调预测.地球科学与环境学报,2021,43(5): 887-896. [SUN B, XU W, XUE J C, et al. Coupling and coordination prediction of urbanization and ecological environment in urban agglomeration of Yellow River Basin. Journal of Earth Sciences and Environment, 2021, 43(5): 887-896.]
- [9] 任保平,杜宇翔.黄河流域经济增长—产业发展—生态环境的耦合协同关系.中国人口·资源与环境,2021,31(2): 119-129. [REN B P, DU Y X. Coupling synergy among economic growth, industrial development and ecological environment in the Yellow River Basin. China Population, Resources and Environment, 2021, 31(2): 119-129.]
- [10] 孙继琼.黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调:评价与趋势.财经科学,2021,(3): 106-118. [SUN J Q. Coupling coordination between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin: Evaluation and trend. Finance and Economics, 2021, (3): 106-118.]
- [11] 崔盼盼,赵媛,夏四友,等.黄河流域生态环境与高质量发展测度及时空耦合特征.经济地理,2020,40(5): 49-57, 80. [CUI P P, ZHAO Y, XIA S Y, et al. Measurement of ecological environment and high-quality development in the Yellow River Basin and characteristics of time-space coupling. Economic Geography, 2020, 40(5): 49-57, 80.]
- [12] 徐维祥,徐志雄,刘程军.黄河流域地级城市土地集约利用效率与生态福利绩效的耦合性分析.自然资源学报,2021,36(1): 114-130. [XU W X, XU Z X, LIU C J. Coupling analysis of land intensive use efficiency and ecological welfare performance of prefecture-level cities in the Yellow River Basin. Journal of Natural Resources, 2021, 36(1): 114-130.]
- [13] 葛世帅,曾刚,杨阳,等.黄河经济带生态文明建设与城市化耦合关系及空间特征研究.自然资源学报,2021,36(1): 87-102. [GE S S, ZENG G, YANG Y, et al. Study on the coupling relationship and spatial characteristics between ecological civilization construction and urbanization in the Yellow River Economic Belt. Journal of Natural Resources,

- 2021, 36(1): 87-102.]
- [14] 王育宝, 陆扬, 王玮华. 经济高质量发展与生态环境保护协调耦合研究新进展. 北京工业大学学报: 社会科学版, 2019, 19(5): 84-94. [WANG Y B, LU Y, WANG W H. New progress in research on coordination and coupling between high-quality economic development and ecological environment protection. Journal of Beijing University of Technology: Social Science Edition 2019, 19(5): 84-94.]
- [15] 王亚华, 胡鞍钢. 黄河流域水资源治理模式应从控制向良治转变. 人民黄河, 2002, (1): 23-25. [WANG Y H, HU A G. The model of water resources management in the Yellow River Basin should be changed from control to good governance. Yellow River, 2002, (1): 23-25.]
- [16] 孙黄平, 黄震方, 徐冬冬, 等. 泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制. 经济地理, 2017, 37(2): 163-170, 186. [SUN H P, HUANG Z F, XU D D, et al. Spatial characteristics and driving mechanism of coupling between urbanization and ecological environment in Pan-Yangtze River Delta Urban Agglomeration. Economic Geography, 2017, 37(2): 163-170, 186.]
- [17] 托马斯, 王燕. 增长的质量. 北京: 中国财政经济出版社, 2001: 29. [THOMAS, WANG Y. The Quality of Growth. Beijing: China Financial and Economic Publishing House, 2001: 29.]
- [18] 王淑佳, 孔伟, 任亮, 等. 国内耦合协调度模型的误区及修正. 自然资源学报, 2021, 36(3): 793-810. [WANG S J, KONG W, REN L, et al. Misunderstanding and revision of domestic coupling coordination degree model. Journal of Natural Resources, 2021, 36(3): 793-810.]
- [19] 张国兴, 王涵, 闫磊超. 基于绿色发展效率的黄河流域资源型城市转型发展研究. 区域经济评论, 2021, (5): 138-144. [ZHANG G X, WANG H, YAN L C. Research on the transformation and development of resource-based cities in the Yellow River Basin based on green development efficiency. Regional Economic Review, 2021, (5): 138-144.]
- [20] 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. 地理学报, 2021, 76(3): 726-739. [GUO F Y, TONG L J, QIU F D, et al. Spatial and temporal differentiation characteristics and influencing factors identification of green development of eco-economic corridor in Yellow River Basin. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(3): 726-739.]
- [21] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析. 地理研究, 2003, 22(2): 211-220. [HUANG J C, FANG C L. Interaction and coupling mechanism and regularity analysis of urbanization and ecological environment. Geography Research, 2003, 22(2): 211-220.]
- [22] 陈晓红, 万鲁河. 城市化与生态环境耦合的脆弱性与协调性作用机制研究. 地理科学, 2013, 33(12): 1450-1457. [CHEN X H, WAN L H. Study on the vulnerability and coordination mechanism of coupling between urbanization and ecological environment. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(12): 1450-1457.]
- [23] 程钰, 王晶晶, 王亚平, 等. 中国绿色发展时空演变轨迹与影响机理研究. 地理研究, 2019, 38(11): 2745-2765. [CHENG Y, WANG J J, WANG Y P, et al. Study on the spatio-temporal evolution track and influence mechanism of China's green development. Geographical Research, 2019, 38(11): 2745-2765.]
- [24] 岳立, 薛丹. 黄河流域沿线城市绿色发展效率时空演变及其影响因素. 资源科学, 2020, 42(12): 2274-2284. [YUE L, XUE D. Temporal and spatial evolution of urban green development efficiency along the Yellow River Basin and its influencing factors. Resources Science, 2020, 42(12): 2274-2284.]
- [25] 刘传明, 张春梅, 任启龙, 等. 基本公共服务与经济发展互动耦合机制及时空特征: 以江苏省13城市为例. 经济地理, 2019, 39(4): 26-33. [LIU C M, ZHANG C M, REN Q L, et al. Interaction and coupling mechanism between basic public services and economic development and its temporal and spatial characteristics: Taking 13 cities in Jiangsu province as examples. Economic Geography, 2019, 39(4): 26-33.]
- [26] 吕炜, 赵佳佳. 中国经济发展过程中的公共服务与收入分配调节. 财贸经济, 2007, (5): 45-52, 128-129. [LYU W, ZHAO J J. Public service and income distribution adjustment in the process of China's economic development. Finance and Trade Economics, 2007, (5): 45-52, 128-129.]

Spatio-temporal pattern and mechanism analysis of coupling between ecological protection and economic development of urban agglomerations in the Yellow River Basin

SUN Jiu-wen, CUI Ya-qi, ZHANG Hao

(School of Applied Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: By studying the strategic background of the Yellow River Basin and the development plan of urban agglomerations in the basin, this paper constructs an index system for evaluating ecological protection and economic development that can be applied to a comparative study of urban agglomerations. Based on the index system, this paper analyzes the spatio-temporal characteristics and driving mechanism of the coupling coordination between ecological protection and economic development of seven major urban agglomerations in the basin from 2007 to 2019 by using the coupling coordination degree model, spatial autocorrelation and geographic detectors. The results show that: (1) During the study period, the economic development level of the seven major urban agglomerations has been greatly improved, the progress of ecological protection construction is relatively slow, and the coupling degree between them rises in a fluctuating manner. (2) The eco-economic coordination degree of the urban agglomerations in the upper reaches is lower than that of the middle and lower reaches, and the overall coordination degree is improved to a higher level compared with that of the development mode which was significantly unbalanced in the past. (3) Urban agglomerations in the Yellow River Basin have experienced a transformation from economic development lag to ecological protection lag. (4) The coordination degree between ecological protection and economic development of each urban agglomeration has correlation effect. (5) The coupling mechanism is closely related to people's livelihood development and opening-up, technological innovation and industrial expansion, green development and agricultural construction, basic public service system and so on.

Keywords: ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin; urban agglomeration; coupling coordination model; driving mechanism