

# 黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应

刘琳轲<sup>1,2</sup>, 梁流涛<sup>1,2</sup>, 高攀<sup>3</sup>, 范昌盛<sup>2</sup>, 王宏豪<sup>4</sup>, 王瀚<sup>4</sup>

(1. 河南大学黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室, 开封 475004; 2. 河南大学环境与规划学院, 开封 475004; 3. 南京农业大学公共管理学院, 南京 210095; 4. 南阳市镇平县自然资源局, 南阳 474250)

**摘要:** 在分析生态保护与高质量发展耦合机理的基础上, 以省域为研究单元评价黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调度, 并与长江经济带进行对比; 利用面板 VAR 模型定量考察黄河流域生态保护与高质量发展的交互响应关系。主要结论如下: (1) 研究期内黄河流域生态保护指数和高质量发展指数均呈现增长的趋势, 总体均呈现中下游地区高于上游地区的格局。(2) 研究期内黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调度整体呈现增长的态势, 其中 2003—2011 年耦合协调度小于 0.5, 属于拮抗阶段; 2012—2017 年耦合协调度处于 0.5~0.7 之间, 属于磨合阶段; 耦合协调度总体呈现下游 > 中游 > 上游的空间格局, 在省域层面山东和陕西的耦合协调度最大, 宁夏和青海的耦合协调状况最差。(3) 黄河流域的生态保护指数略高于全国平均水平, 但低于长江经济带; 高质量发展指数和耦合协调度都低于全国平均水平, 与长江经济带的差距更大。(4) 黄河流域生态保护与高质量发展两个子系统都存在正向累进效应和惯性发展特征, 并且两者对于自身的影响程度都呈现逐步下降的态势, 其中高质量发展对自身的影响程度下降更为明显; 黄河流域生态保护与高质量发展具有正向促进作用, 但由于生态保护和高质量发展水平偏低且内部发展不均衡, 造成二者的作用机制不显著。

**关键词:** 生态保护; 高质量发展; 耦合协调度; 交互响应; 黄河流域

在生态退化和环境污染日益严重的背景下, 可持续发展已经成为社会公众的共识<sup>[1]</sup>。推进可持续发展的最大障碍是生态保护与经济发展之间的矛盾, 如何破解这个矛盾成为社会关注的焦点。目前我国已经由改革开放初期的经济高速增长转向中低速增长, 进入经济新常态, 在这样的背景下党的十九大报告提出了高质量发展的概念。高质量发展不仅追求经济增长速度, 更加注重质量和效益<sup>[2,3]</sup>。基于忽视生态保护的经济增长方式带来负面影响日益凸显的现实, 经济发展需要全面转型, 需要将生态保护的理念融入到高质量发展过程<sup>[4]</sup>。因此, 实现生态保护和高质量发展的和谐统一显得尤为重要。

关于生态保护与经济发展的耦合关系已经成为重要的研究领域。早在 20 世纪 90 年代 Grossman 等<sup>[5]</sup>提出了关于经济增长与生态环境耦合关系的环境库兹涅茨曲线 (EKC) 假说, 并得到了广泛应用<sup>[6-8]</sup>。但必须看到, 由于系统的复杂性和整体性, 仅仅利用单一指标表征经济与生态两大子系统的耦合关系是不充分的, 存在诸多弊端, 在这样的背景下

收稿日期: 2020-05-06; 修订日期: 2020-11-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41771565); 河南省高校科技创新人才 (人文社科类) 支持计划 (2019-cx-014); 江苏省自然资源智库 2019 年开放合作项目 (2019TDZY10)

作者简介: 刘琳轲 (1997-), 河南南阳人, 硕士, 主要从事土地经济与规划研究。E-mail: 838880597@qq.com

通讯作者: 梁流涛 (1981-), 河南杞县人, 博士, 副教授, 主要从事资源经济与环境管理研究。

E-mail: liliang@henu.edu.cn

开始采用复合性指标<sup>[9]</sup>。有学者尝试将土地利用变化引入经济发展与生态环境协调关系研究<sup>[10]</sup>,构建不同尺度的评价模型<sup>[11]</sup>。在国内研究方面,主要包括两个方面:一是利用中国省际面板数据、省域或者地市横截面数据对EKC假说进行验证<sup>[12-14]</sup>,二是借用物理学中耦合与协调发展度概念对经济发展与环境系统的协调关系进行测算,内容包括生态、经济、能源、人口、资源及社会等<sup>[15-21]</sup>,同时生态足迹<sup>[22]</sup>、能值分析法<sup>[23,24]</sup>、灰色关联度模型<sup>[25]</sup>和系统动力学模型<sup>[26,27]</sup>等多种方法在经济系统和生态环境系统耦合方面得到了广泛应用。另外,流域作为一个特殊的地理单元和地理空间,是包含自然、生态、经济和社会等子系统、具有层次结构和整体功能的复杂系统。鉴于流域在经济社会发展中的重要地位,也成为生态保护和经济发展耦合关系研究关注的重要区域<sup>[28,29]</sup>,探讨新型城镇化与生态环境<sup>[30]</sup>、水资源利用效率与经济发展<sup>[31]</sup>、旅游经济与生态环境<sup>[32]</sup>等方面的耦合协调度及其空间分异特征,但缺少针对大尺度流域的对比分析。综合以上分析可知,国内外在此领域的研究成果非常丰富,但也存在明显的不足:一是对于经济子系统指标体系的构建主要从总量、增速和结构等方面进行指标选取,没有将高质量发展的内涵和内在要求纳入到评价指标体系。二是针对生态保护和高质量发展两个子系统之间相互作用关系的研究还比较薄弱,缺少理论探讨和实证分析。

黄河是中国第二长河,流域面积75万多 $\text{km}^2$ ,流经九个省(自治区)。2018年的总人口4.2亿(占全国总人口的30.3%),地区生产总值23.9亿元(占全国比例26.5%),同时分布多个农产品主产区,粮食占全国总产量的29.5%。黄河流域也是重要的生态屏障,在中国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位。为了实现黄河流域的长治久安,中共中央将黄河流域生态保护和高质量发展设定为同京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设、长三角一体化发展同等重要的国家战略。因此,在这样的背景下选择黄河流域为研究对象,探讨生态保护和高质量发展的耦合关系是非常必要的,可以为黄河流域国家战略的顺利推进提供理论依据和技术支撑。基于此,本文首先构建生态保护与高质量发展耦合机理框架,以省域为研究单元,评价黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调度,并与长江经济带对比,最后利用面板VAR模型考察生态保护与高质量发展的交互响应关系。

## 1 生态保护与高质量发展耦合机理

以“绿水青山就是金山银山”为核心内容的“两山”理论强调在人与自然是和谐统一的基础上寻求经济发展与生态保护协同并进<sup>[33,34]</sup>，“两山”理论的基本理念为高质量发展和生态保护耦合机理框架的构建提供了理论支撑。高质量发展是“五大发展理念(创新、协调、绿色、开放、共享)”的协同作用,其目标既涉及经济的可持续增长,又兼顾生态保护。可见,生态保护与高质量发展是相辅相成的,同时也是相互渗透、相互影响的。本文以二者相互作用关系为主线,构建生态保护与高质量发展相互作用机理分析框架(图1)。

### 1.1 生态保护对高质量发展的作用机理

实现经济社会永续发展的客观前提是良好的生态,因此,有效的生态保护能够促进高质量的发展。具体作用路径主要表现在四个方面:(1)发挥生态保护的资源保障功能,为高质量发展提供物质基础和生产要素。生态资源数量是有限的,为了实现生态资源的永续利用,有效的生态保护是必须的,也能够为高质量发展提供良好的自然环境条

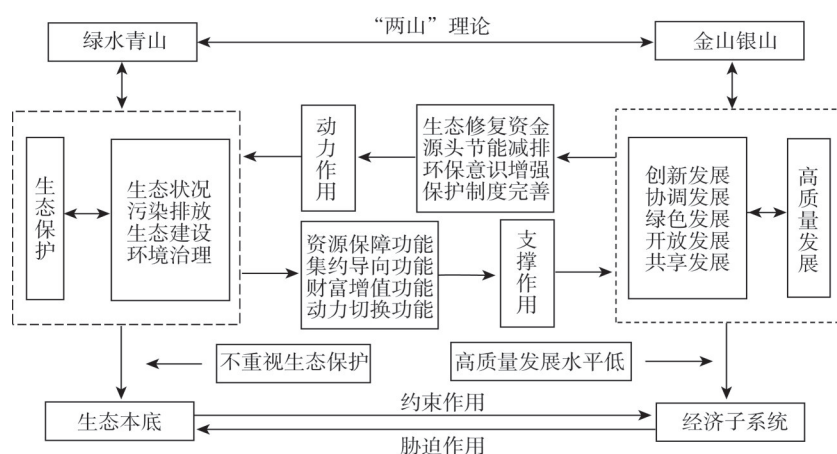


图1 生态保护与高质量发展耦合机理框架

Fig. 1 Mechanism framework for coupling ecological protection and high-quality development

件和充足的生产要素支撑。(2) 发挥生态保护的集约导向功能, 为高质量发展提供新路径。生态保护中最大的问题是生态资源型要素的价值不能得到充分体现, 而市场化手段可以将之配置到最佳用途, 并最大程度地实现其价值。在市场化条件下需要重新权衡边际投入产出以寻求生产要素的最佳组合, 生产要素替代的最终结果是: 企业倾向于加大资本、技术等方面的投入, 减少以土地为代表的资源型生产要素, 这有利于土地集约水平和高质量发展水平的提升。(3) 发挥生态的财富增值功能, 为高质量发展装上“加速器”。“两山”理论为生态产品价值的转化提供了新思路, 首先通过“价值化”和“市场化”将生态资源转化为生态产品, 其次通过生态补偿、绿色金融等方式实现生态资源向生态资产的转化, 最后通过生态运营和实现生态资产向生态资本的转化, 并最终实现了财富增值和积累, 助推高质量发展。(4) 发挥生态保护的动态切换功能, 为高质量发展注入“新动能”。转变生态保护方式, 实现从“末端治理”向“源头防控、前端创新”的转变, 倒逼经济发展的动能转换, 推动经济发展模式转变, 助推高质量发展。另外, 生态环境与经济系统的作用是一把双刃剑, 如果不重视生态保护或者生态保护效果不佳, 会产生一系列生态环境问题, 并对高质量发展产生约束作用。

## 1.2 高质量发展对生态保护的作用机理

优质的经济增长是保证生态保护和生态和谐的经济基础, 也就是说高质量发展对生态保护具有动力作用。具体作用路径主要表现为三个方面: (1) 高质量发展为生态保护和生态修复提供资金支持。国家倡导生态文明建设, 大力推进生态保护和生态修复。只有当用于生态保护和环境治理的资金充足时, 生态退化和环境质量下降才可能得到遏制。高质量发展是经济发展到特定阶段的产物, 在这种状况下政府有足够的经济基础进行生态保护和生态修复投资。(2) 高质量发展意味着产业结构的优化和生产技术的进步, 并带来结构效应和技术效应<sup>[35]</sup>, 这能够减少单位产出的污染排放、资源消耗和生态破坏, 最终通过源头防控达到促进生态保护的目的。(3) 高质量发展过程中伴随着生活水平的提升, 公众对高品质生态产品与生态服务的需求也会迅速增长, 生态保护意识也会随之增强。政府为了满足群众日益增长的生态服务需求, 也会加大对各项生态保护的制

度的供给。这两方面都有利于生态保护水平的提高。

如果不重视高质量发展,经济增长依然是粗放模式,会引致生态系统破坏、资源消耗和污染排放等问题,对生态环境产生胁迫作用。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 耦合协调度测算模型

耦合协调强调整体性、综合性和内生性等方面的发展聚合,因此,采用耦合协调度来衡量生态保护与高质量发展的耦合关系有一定的科学性,耦合协调度的测算过程如下。

#### 2.1.1 生态保护与高质量状况综合评价

##### (1) 评价指标体系构建

结合生态保护与高质量发展耦合机理,围绕生态保护与高质量发展两个子系统构建相应的评价指标体系(表1)。

在生态保护方面,依据状态—压力—响应的逻辑思路,从生态资源现状、污染排放、生态建设、环境治理四个方面构造指标体系,共包含24个指标。在资源状况方面,考虑林草、湿地、水资源、耕地等关键自然资源,选取了6个指标;在污染排放方面,考虑单位产值的污染排放强度,选取了3个指标;在生态建设方面,考虑绿化覆盖、公园绿地、地质灾害防治、自然保护区、农业生产等方面,选取了9个指标;在环境治理方面,考虑垃圾无害化及综合利用、环境治理投资、环境基础设施投资等方面,选取了6个指标。

在高质量发展方面,一些学者从“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念考察区域高质量发展状况<sup>[36]</sup>。本文也参考这种做法,从基于五大发展理念的5个维度出发构建高质量发展指标体系,共42个指标。(1)创新是实现高质量发展的首要动力,创新包括创新投入和创新产出。创新投入的增加有助于提升自主创新能力,以R&D人员全时当量、人均R&D经费支出等来衡量;创新产出及成果转化反向促进经济的发展,主要用人均专利授权量、人均技术市场成交额等来衡量。另外,也关注创新发展的条件、环境与效果,其他指标主要围绕这几个方面设置。(2)协调发展主要关注产业结构、需求结构协调以及区域协调等方面,并围绕这些方面设置相应的指标。(3)绿色发展主要强调生产过程的“绿色化”,用单位产出耗能和耗水量指标表征;同时也关注“绿色性”和“可持续性”,以建成区绿化覆盖率、空气质量指数等来衡量。(4)在开放发展方面主要衡量区域经济社会的开放水平和程度,从国民经济依赖外商投资的程度、对外贸易收支情况等方面选择相应的指标。(5)共享发展强调人的主体地位,经济发展成果由民众公平共享,基于此本文主要测度民众享有区域经济发展成果公平公正性,并据此从基础设施建设和投入、公共服务水平、生活质量等方面选择指标。

##### (2) 生态保护与高质量发展状况评价

采用极大—极小值方法对各个指标进行标准化处理,在此基础上计算生态保护指数和高质量发展指数,公式分别为:

$$X_i = \sum_{j=1}^m \omega_{ij} X_{ij} \quad (1)$$



表1 生态保护与高质量发展耦合协调度评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of coupling coordination degree of ecological protection and high-quality development

目标层	一级指标	二级指标	单位	权重	属性
生态指标	资源状况	人均林草资源面积	m <sup>2</sup> /人	0.0029	+
		人均湿地面积	m <sup>2</sup> /人	0.0262	+
		湿地面积占辖区的比例	%	0.0404	+
		用水量与总水量比值	%	0.0216	-
		人均水资源量	m <sup>3</sup> /人	0.0296	+
		人均耕地面积	m <sup>2</sup> /人	0.0085	+
	污染排放	单位GDP工业废水排放量	kg/万元	0.0106	-
		单位GDP工业废水中COD排放量	kg/万元	0.0036	-
		单位GDP工业固体废物产生量	kg/万元	0.0039	-
	生态建设	人均城市绿化覆盖面积	m <sup>2</sup> /人	0.0217	+
		人均公园绿地面积	m <sup>2</sup> /人	0.0375	+
		人均造林面积	m <sup>2</sup> /人	0.0743	+
		地质灾害防治投资额	万元	0.1994	+
		森林覆盖率	%	0.0094	+
		万人自然保护区个数	个/万人	0.0141	+
		人均自然保护区面积	m <sup>2</sup> /人	0.0487	+
		保护区面积占辖区面积的比例	%	0.0125	+
		农作物成灾受灾面积比	%	0.0015	-
		生活垃圾无害化处理比例	%	0.0336	+
	环境治理	发生地质灾害数量	处	0.0504	-
		工业污染治理投资额度	亿元	0.0871	+
		环境污染治理投资	亿元	0.1072	+
		城镇环境基础设施投资情况	亿元	0.1383	+
		一般工业固体废弃物综合利用率	%	0.0169	+
高质量发展指标	创新发展	R&D人员全时当量	人/年	0.0305	+
		人均R&D经费支出	元/人	0.0518	+
		科技支出占财政支出比例	%	0.0302	+
		人均专利授权量	项/人	0.0637	+
		人均技术市场成交额	元/人	0.0571	+
		劳动生产率	%	0.0089	+
		资本生产率	%	0.0239	+
		人均GDP	元	0.0346	+
		产业结构高级化	—	0.0067	+
		普通高校专任教师数量	人	0.0063	+
		普通高校招生数	人	0.0043	+
		财政性教育经费占GDP比例	%	0.0218	+
	协调发展	人均GDP地区间差距	元	0.0004	-
		城乡收入差距	元	0.0103	-
		一二三产业协调度	—	0.0022	+

续表 1

目标层	一级指标	二级指标	单位	权重	属性
高质量发展指标	协调发展	第三产业比例	%	0.0182	+
		消费率	%	0.0032	-
		投资率	%	0.0106	+
		居民消费占比	%	0.0021	+
		城镇登记失业率	%	0.0038	-
		居民消费价格指数	—	0.0185	-
		城镇化率	%	0.0066	+
		城市人均 GDP 最高最低之比	—	0.0017	-
	绿色发展	单位 GDP 耗能	t/万元	0.0026	-
		空气质量指数	—	0.0465	-
		建成区绿化覆盖率	%	0.0039	+
		单位地区产出耗水	m <sup>3</sup> /万元	0.0255	-
	开放发展	实际利用外资占 GDP 的比例	%	0.0520	+
		进出口总额占 GDP 比例	%	0.0951	+
		外商直接投资合同项目个数	个	0.0198	+
		对外承包工程合同金额占 GDP 比例	%	0.0363	+
		接待国际旅游人数	万人次	0.0193	+
	共享发展	居民收入增长率	%	0.0042	+
		人均教育事业费支出	元/人	0.0580	+
		人均城市道路面积	m <sup>2</sup> /人	0.0190	+
		每万人拥有公共交通工具	标台/万人	0.0148	+
		万人医疗机构床位数	张/万人	0.0310	+
		人均医疗卫生支出	元/人	0.0709	+
		人均社会保障和就业支出	元/人	0.0631	+
		城镇家庭恩格尔系数	—	0.0071	-
		农村家庭恩格尔系数	—	0.0045	-
		万人公共图书馆数量	个/万人	0.0092	+

$$Y_i = \sum_{j=1}^m \omega_{ij} Y_{ij}$$

(2)

$$\sum_{j=1}^m \omega_{ij} = 1$$

(3)

式中： $X_i$  表示生态保护综合指数； $Y_i$  表示高质量发展综合指数； $\omega_{ij}$  表示各个变量的权重。考虑到两大子系统较为复杂且指标较多，为了真实地反映各指标对系统的贡献，本文采用熵权法确定权重。该方法主要依据各指标数值的变异程度和信息熵计算出熵权，并以此为基础得出较为客观的指标权重。权重的计算结果可能存在较大的差异性，这是由指标的自身特征及其在系统中的贡献决定的。如果某个指标权重越大，意味着该指标提供的信息量越多，在评价体系中该指标起的作用越大，反之亦然。

(3) 生态保护与高质量发展的相对发展度

用两个子系统的综合指数相比进行计算，具体公式为：

$$\beta = X(t)/Y(t) \tag{4}$$

式中： $\beta$  表示相对发展度； $X(t)$  和  $Y(t)$  分别表示生态保护指数和高质量发展指数。

2.1.2 耦合协调度函数

耦合协调度的计算公式为：

$$C(t) = [G(t)T(t)]^r \tag{5}$$

$$G(t) = \left[ \frac{4X(t)Y(t)}{[X(t) + Y(t)]^2} \right]^p \tag{6}$$

$$T(t) = X(t)^\phi Y(t)^\gamma \tag{7}$$

式中： $C(t)$  表示耦合协调度； $G(t)$  表示耦合度； $T(t)$  为系统间综合协调指数。党中央明确提出了要同步推进黄河流域生态保护和高质量发展，因此将  $\phi$  和  $\gamma$  的取值设定为相等，均为 0.5。耦合协调度  $C$  取值范围在 0~1 之间， $C$  值越大表示耦合协调性越好。参考相关研究<sup>[37]</sup>，并结合相对发展度，将生态保护与高质量发展的耦合协调度划分为 3 个阶段、9 个类型（表 2）。

表 2 生态保护与高质量发展的耦合协调发展阶段与类型

Table 2 Stages and types of coupling and harmonious development of ecological protection and high-quality development				
耦合协调度	相对发展度	类型	耦合协调发展特征	耦合协调发展阶段
0 < R < 0.5	0 < $\beta$ ≤ 0.8	I	生态保护滞后于高质量发展，二者高度拮抗，系统趋于衰退	拮抗
	0.8 < $\beta$ ≤ 1.2	II	生态保护同步于高质量发展，二者低度拮抗，系统趋于优化	
	1.2 < $\beta$	III	生态保护超前于高质量发展，二者高度拮抗，系统趋于衰退	
0.5 < R < 0.7	0 < $\beta$ ≤ 0.8	IV	生态保护滞后于高质量发展，二者低度磨合，系统趋于衰退	磨合
	0.8 < $\beta$ ≤ 1.2	V	生态保护同步于高质量发展，二者高度磨合，系统趋于优化	
	1.2 < $\beta$	VI	生态保护超前于高质量发展，二者低度磨合，系统趋于衰退	
0.7 < R ≤ 1	0 < $\beta$ ≤ 0.8	VII	生态保护滞后于高质量发展，二者低度协调，系统趋于衰退	协调
	0.8 < $\beta$ ≤ 1.2	VIII	生态保护同步于高质量发展，二者高度协调，系统趋于优化	
	1.2 < $\beta$	IX	生态保护超前于高质量发展，二者低度协调，系统趋于衰退	

2.2 面板 VAR 模型

由于生态保护子系统与高质量发展子系统的相互关系和作用机制较为复杂，利用普通回归模型有可能导致内生性和异方差等问题。而面板 VAR 模型是面板数据和 VAR 模型的有机结合，很好地吸收了二者的优点，可以用于分析变量之间的因果关系和预测随机扰动对变量的冲击效应，并且能够很好地克服这些缺陷。因此，运用面板 VAR 模型探讨黄河流域生态保护与高质量发展的交互响应关系。具体公式为：

$$Y_{it} = \alpha_{it} + f_t + \sum^n_{t=1} \prod_{nt} Y_{i,t-n} + \mu_{it} \tag{8}$$

$$Y_{it} = \{EP, HQ\} \quad (9)$$

式中： $Y_{it}$ 为模型被解释变量，主要包括 $EP$ （生态保护）、 $HQ$ （高质量发展）； $i$ 和 $t$ 分别表示省份与时间； $n$ 为滞后期数（期）； $a_n$ 反映地区固定效应； $f_t$ 反映时间效应； $\Pi_m$ 是待估系数矩阵； $u_{it}$ 是服从独立同分布的误差项。

## 2.3 数据来源

黄河流域生态保护与高质量发展战略包含的省区范围还不明确，当前的研究更多的将黄河流经的9省（自治区）作为黄河流域生态保护与高质量发展国家战略的范围。但考虑到国务院批准的《长江经济带发展规划纲要》将四川归并到了长江经济带，且为了方便与长江经济带对比，将四川剔除，主要考虑青海、甘肃、宁夏、陕西、山西、内蒙古、河南、山东8个省（自治区）。本文计算所需数据主要来源于历年的《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及8个省（自治区）的统计年鉴。

## 3 结果分析

### 3.1 生态保护指数与高质量发展指数时空特征

利用上述方法分别测算2003—2017年间黄河流域8省（自治区）生态保护指数与高质量发展指数，并通过汇总的方式计算出黄河流域的均值。另外，为了克服数据波动造成的误差，采用三年平均的方法，将整个研究期分为5个时期。

#### 3.1.1 生态保护指数

##### （1）时序变化

黄河流域8省（自治区）生态保护指数平均值总体呈现增长态势（图2），这表明黄河流域生态保护状况整体向好的方向发展。按照其变化趋势可以分为三个阶段，2003—2008年增长较为缓慢，从2003年的0.1319增加到2008年的0.1862，主要原因是此阶段经济处于高速增长状态，先污染后治理的理念根深蒂固，资源环境高负载现象较为普遍，在国家的高压环保政策下才促使生态保护指数缓慢增长。此后由于黄河中上游地区地质灾害频发，中央政府和地方政府有针对性地加大了生态建设和地质环境治理力度，生态保护指数出现了短暂的快速增长，到2010年增长到0.3032。2011年以后随着对生态文明建设重视程度的加大，生态保护指数增长速度又趋于平稳，到2017年增加到0.4134。

##### （2）空间特征

在区域层面<sup>①</sup>，第一个时期（2003—2005年）生态保护指数整体呈现下游 > 上游 >

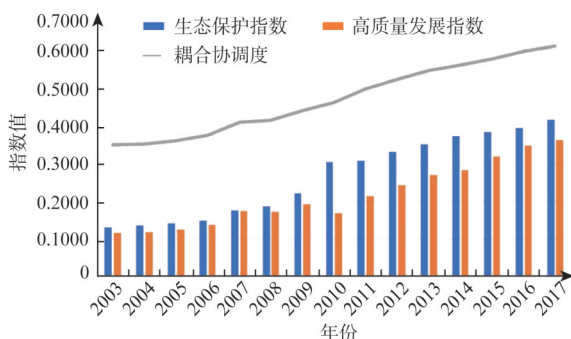


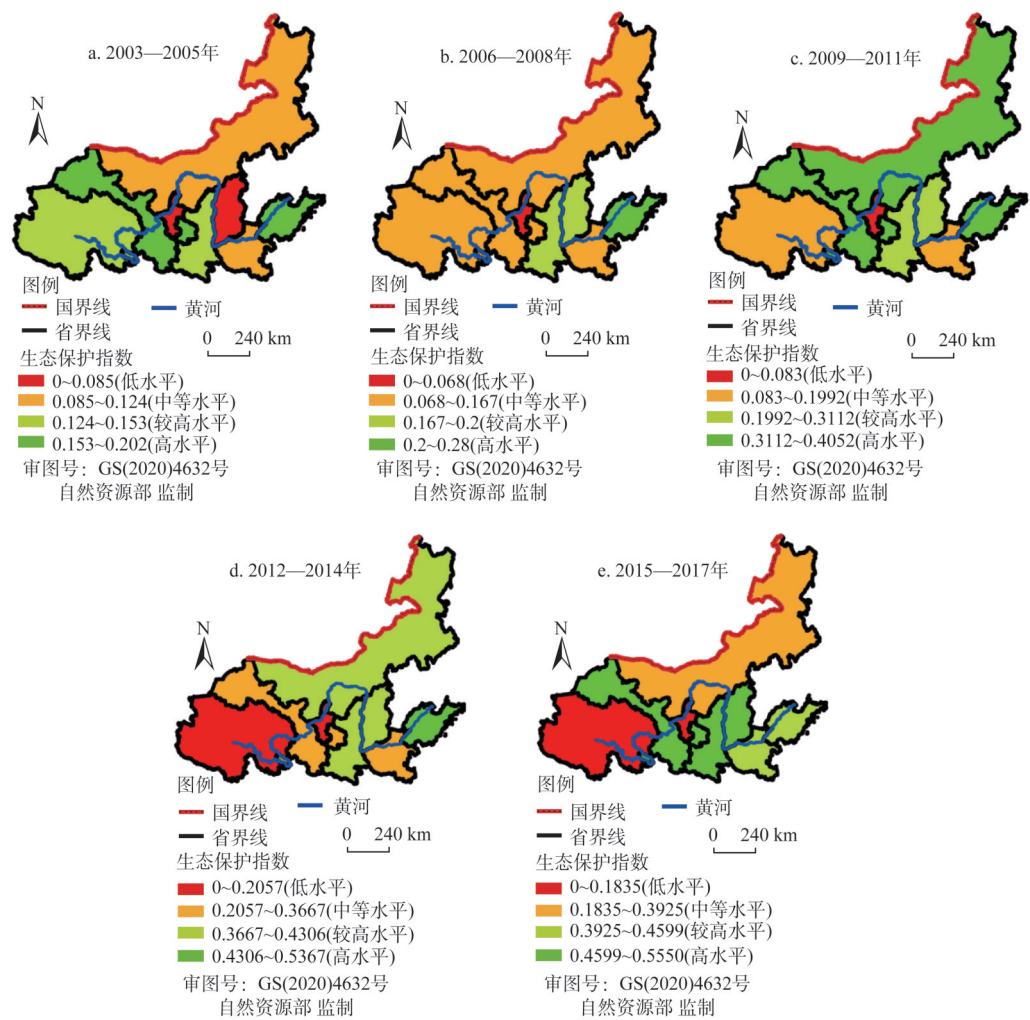
图2 黄河流域生态保护与高质量发展指数及耦合协调度时序变化

Fig. 2 Time-series changes of ecological protection and high-quality development index and coupling coordination degree in the Yellow River Basin

<sup>①</sup> 对于以省域为单元的黄河流域上游、中游和下游的划分，本文参考相关研究的做法，将上游流经的最后一个省份作为中游的第一个省份，用中游流经的最后一个省份作为下游的第一个省份。据此上游地区包括青海、甘肃、宁夏三省（自治区），中游地区包括内蒙古、陕西和山西三省（自治区），下游地区包括河南和山东两省。



中游的格局。此后由于中游地区加大了生态建设和环境治理力度，其生态保护指数增长速度明显高于上游和下游地区，在第二个时期（2006—2008年）超过了上游地区，在第三个时期（2009—2011年）又超越了下游地区，位居第一。此后黄河流域生态保护指数一直都是中游>下游>上游。由于上游地区生态本底差，属于生态脆弱地区，且对土地、水、矿产和能源的开发利用强度大，因此生态保护指数偏低，第二个时期（2006—2008年）以后一直处于末位，属于事实上的“生态塌陷”区域。在省域层面，黄河流域生态保护指数差异较大（图3），山东、陕西在五个时期排名前三的次数最多，属于生态保护指数高值区域；宁夏和青海在五个时期排名后三的次数最多，属于生态保护指数的低值区域。



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3 2003—2017年黄河流域各省（自治区）生态保护指数空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of ecological protection index of provinces (regions) in the Yellow River Basin from 2003 to 2017

3.1.2 高质量发展指数

(1) 时序变化

1978年改革开放以来，黄河流域各省（自治区）逐步形成了较为合理的国土空间利

用结构和经济社会分布格局,这成为研究期内黄河流域高质量发展指数整体呈现增长态势的重要原因。根据变化趋势高质量发展指数可以分为三个阶段(图2):一是2003—2007年增长速度较快,从2003年的0.1177增长到2007年0.1735,该阶段城市化与工业化推进速度明显加快,土地和劳动力红利逐步显现,共同带动了经济快速发展,总体表现为经济高质量发展水平的快速提升。二是2007—2010年呈现小幅波动,这与受到金融危机的冲击有很大的关系。同时政府迫于“保增长”压力,实施了大规模的投资计划,在一定程度上抑制了高质量发展水平的下降,这也是此阶段高质量发展水平保持平稳的原因。三是2011年以后又开始呈现快速增长的态势,从2011年的0.2130增长到2017年的0.3612。主要原因是该阶段经济增长速度放缓,并大力推进“调结构、转方式、促升级”,为高质量发展提供了新动能。

## (2) 空间格局

在区域层面,第一个时期(2003—2005年)高质量发展指数总体格局是中游(0.1288) > 下游(0.1248) > 上游(0.1099),从第三个时期开始,中游地区和下游地区开始交替位居第一。可见,黄河中下游地区高质量发展水平总体高于上游地区,黄河流域中下游地区的关中城市群、太原城市群、中原城市群、山东半岛城市群逐步崛起,对中下游地区经济发展的带动效应逐步提高,这在很大程度上提升了高质量发展水平。而上游地区城市群的集聚效应还没有形成,几个省份在全国的经济排名中经常垫底,经济增长方式较为粗放,产业发展不合理,高质量发展水平也较低。在省域层面,黄河流域高质量发展指数差异较为明显(图4),山东和陕西在五个时期排名前三的次数最多,属于高质量发展的高值区域;内蒙古和青海在五个时期排名后三的次数最多,属于高质量发展的低值区域。

## 3.2 耦合协调度的时空分异特征

### 3.2.1 时序变化

从时序变化来看,黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度呈现增长态势(图2)。2003—2011年耦合协调度从0.3488增长到0.4953,此期间耦合协调度小于0.5。由于该阶段经济仍处于高速增长状态,工业投资对经济增长的贡献很大,经济增长较为粗放,经济增长对于生态环境的负面影响较大,生态状况有待改善,同时对生态保护重视程度不够,这导致生态保护与高质量发展的耦合关系仍处于低水平,属于拮抗阶段。2012年开始耦合协调度大于0.5,到2017年增长到0.6077,此期间处于0.5~0.7之间,此时经济发展进入“稳增长、调结构”时期,环境压力得到缓解,从而促使生态保护和高质量发展耦合状态有所提高,进入磨合阶段。结合相对发展度对耦合协调阶段进一步划分(表3):2003—2008年黄河流域属于耦合类型II,这表示生态保护同步于高质量发展,二者低度拮抗,系统趋于优化;2009—2011年黄河流域属于耦合协调类型III,这表示生态保护超前于高质量发展,二者高度拮抗,系统趋于衰退;2012—2015属于耦合协调类型VI,生态保护超前于高质量发展,二者低度磨合,系统趋于衰退;2016—2017年属于耦合协调类型V,这表示生态保护滞后于高质量发展,二者低度磨合,系统趋于衰退。

### 3.2.2 空间分异特征

在区域层面,黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度在5个时期都呈现下游 > 中游 > 上游的态势,研究期内上游、中游和下游地区的平均值分别为0.4271、0.4907、0.5021。可见,黄河上游的耦合协调度最低,主要原因是黄河上游的经济发展水平较

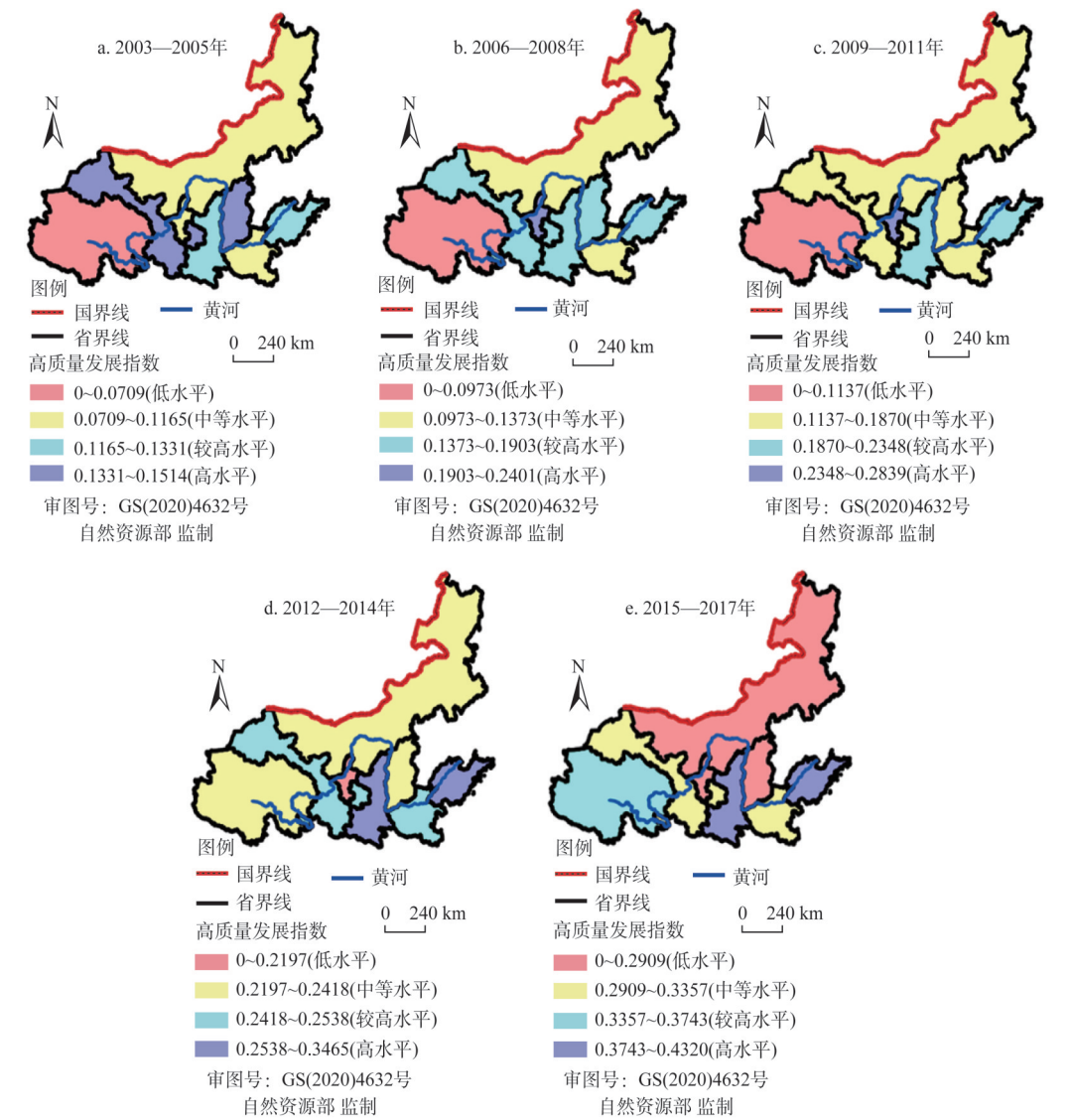


图4 2003—2017年黄河流域各省（自治区）高质量发展指数空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of high-quality development indexes of provinces (districts) in the Yellow River Basin from 2003 to 2017

表3 黄河流域生态保护和高质量发展耦合协调度及类型

Table 3 Coupling degree and types of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin											
年份	耦合协调度	相对发展度	耦合协调类型	年份	耦合协调度	相对发展度	耦合协调类型	年份	耦合协调度	相对发展度	耦合协调类型
2003	0.3488	1.1207	II	2008	0.4125	1.0853	II	2013	0.5437	1.3043	VI
2004	0.3506	1.1536	II	2009	0.4390	1.1448	III	2014	0.5593	1.3166	VI
2005	0.3587	1.1244	II	2010	0.4601	1.7923	III	2015	0.5740	1.2033	VI
2006	0.3731	1.0749	II	2011	0.4953	1.4431	III	2016	0.5939	1.1391	V
2007	0.4083	1.0140	II	2012	0.5206	1.3655	VI	2017	0.6077	1.1445	V

低，对生态环境的压力较大，且生态本底脆弱，这就造成了该区域耦合协调度较低。而黄河中下游地区的经济发展水平相对较高，产业结构调整和转型升级也取得了巨大进步，同时生态保护状况也相对较高，这就造成了耦合协调度明显高于黄河上游地区。在省域层面，黄河流域8个省（自治区）的生态保护与高质量发展耦合协调度在5个时期均呈现从东向西逐步递减的态势。山东、甘肃和陕西在研究期内的耦合协调度平均值都大于0.5，处于磨合阶段，其中山东和陕西的耦合协调度最大；河南、山西、内蒙古、宁夏和青海的耦合协调度平均值均小于0.5，其中宁夏和青海的耦合协调状况最差。

从空间格局的演化来看（表4），山东在2008年的耦合协调度率先进入大于0.5行列，进入磨合阶段；2010年以后其他省（自治区）先后迈过了0.5的门槛，进入了磨合阶段，时间分别是：内蒙古和甘肃2010年、山西和陕西2011年、河南2013年、青海2014年；而宁夏在整个研究期都处于小于0.5的拮抗阶段，并且都属于生态保护滞后型。据此，可将演变过程分为三个阶段：第一阶段（2003—2007年）8省（自治区）处于拮抗阶段，且大多数省（自治区）都属于Ⅲ型，生态保护超前于高质量发展，二者高度拮抗，系统趋于衰退；第二阶段（2008—2013年）处于从拮抗阶段向磨合阶段过渡时期，以Ⅲ型和Ⅵ型为主；第三阶段（2014—2017年）处于磨合阶段，且大多数省（自治区）以Ⅵ为主，即生态保护超前于高质量发展，二者低度磨合，系统趋于衰退。

表4 生态保护与高质量发展耦合协调类型  
Table 4 Types of coupling and coordination of ecological protection and high-quality development

年份	山东	河南	山西	陕西	内蒙古	宁夏	甘肃	青海
2003	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
2004	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ
2005	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ
2006	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ
2007	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ
2008	Ⅵ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ
2009	Ⅵ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ
2010	Ⅵ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅲ
2011	Ⅵ	Ⅱ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅲ
2012	Ⅵ	Ⅱ	Ⅵ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅱ
2013	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅰ
2014	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅴ
2015	Ⅵ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅰ
2016	Ⅴ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅳ
2017	Ⅴ	Ⅵ	Ⅵ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅰ	Ⅵ	Ⅳ

3.3 黄河流域在全国的地位及与长江经济带对比

将全国31个省市在统一的指标体系下进行生态保护和高质量发展耦合协调度的评价，以此为基础分析黄河流域生态保护与高质量发展耦合度在全国的地位以及与长江经济带的差距，以期为黄河流域生态保护和高质量发展战略的总体定位和经验借鉴提供依据。

3.3.1 生态保护指数

研究期内绝大部分年份黄河流域的生态保护指数高于全国均值（图5a），只有



2015年小于全国均值。从研究期内生态保护指数均值来看,黄河流域均值(0.2661)略高于全国均值(0.2456)。从黄河流域各个省(自治区)在全国的排序来看,山东在全国的排名最高,位列全国第一名;甘肃、陕西、山西和内蒙古也处于较高的位置,排名分别为第4名、第8名、第10名和第11名;河南和青海的排名比较靠后,分别是第17名、第23名;宁夏排名最低,处于全国最后一位。综合以上分析可知,黄河流域的生态保护状况在全国整体处于中上水平。

黄河流域生态保护指数与长江经济带的大小对比关系可以分为两个阶段(图5a):2003—2009年间的所有年份都是黄河流域低于长江经济带,随着国家加大了对黄河流域生态建设和地质环境治理的投资力度,2010—2017年间的大多数年份都是黄河流域高于长江经济带。

### 3.3.2 高质量发展指数

研究期内所有年份黄河流域的高质量发展指数均值低于全国均值(图5b)。从研究期内高质量发展指数均值来看,黄河流域均值(0.2157)低于全国均值(0.2495)。从黄河流域各个省(自治区)在全国的排序来看,山东、陕西在全国排名最高,排名分别为第10名、第11名;宁夏、甘肃、山西、河南和内蒙古处于全国下游位置,排名分别是第16名、第21名、第24名、第26名和第29名;青海的排名最低,处于全国第30名。综合以上分析可知,黄河流域的高质量发展状况在全国整体处于较低水平。

研究期内所有年份的黄河流域高质量发展指数均值低于长江经济带的均值(图5b)。从整个研究期的平均值来看,黄河流域和长江经济带高质量发展指数均值分别为0.2157、0.2638。黄河流域在经济规模、产业升级与优化、发展动力转换、机制保障、市场和技术竞争力等方面都落后于长江经济带,这在很大程度上造成了黄河流域高质量发展指数低于长江经济带。

### 3.3.3 耦合协调度

黄河流域的耦合协调度和全国均值大小对比关系可以分为两个阶段(图5c):2003—2007年黄河流域高于全国平均水平,2008—2017年黄河流域略低于全国平均。通过计算研究期内耦合协调度的均值可以得到,黄河流域均值(0.4697)低于全国平均水平(0.4769)。从黄河流域各个省(自治区)在全国的排序来看,山东在全国排名最高,位列

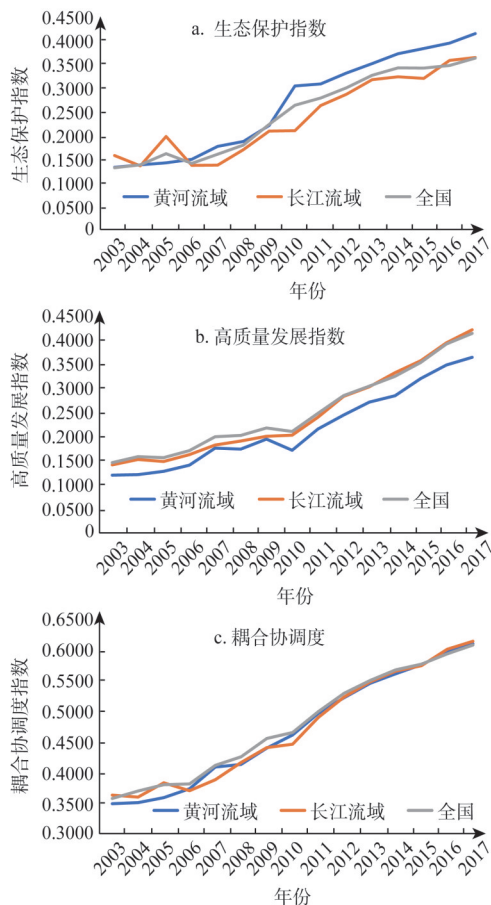


图5 黄河流域生态保护指数、高质量发展指数、耦合协调度在全国地位及与长江经济带的对比

Fig. 5 Ecological protection index, high-quality development index and coupling coordination degree of the Yellow River Basin, and comparison with the Yangtze River Basin and national average



全国第4名；陕西、甘肃、山西和内蒙古处于中等位置，排名分别为第9名、第11名、第15名、第17名；河南、青海处于较低位置，分别是第22名、第28名；宁夏的排名最低。综合以上分析可知，黄河流域耦合协调度在全国整体处于中等偏下水平。从时序变化来看，黄河流域的变化趋势与全国平均水平的变化趋势基本一致，耦合协调度都是在2012年超过0.5，同时进入磨合阶段。

研究期内所有年份的黄河流域耦合协调度均值低于长江经济带的均值（图5c），从整个研究期的平均值来看，黄河流域耦合协调度均值（0.4697）低于长江经济带均值（0.4889），主要原因是黄河流域高质量发展水平本身较低，且在经济发展过程中资源消耗和生态破坏大于长江经济带<sup>[38]</sup>。在时序变化上，长江经济带比黄河流域提早1年进入耦合协调的磨合阶段。另外两大流域有一点重要差异，长江经济带大部分省属于高质量发展超前型，而黄河流域大部分省（自治区）属于高质量发展滞后型。

3.4 生态保护与高质量发展交互响应关系

3.4.1 面板VAR模型的GMM估计

鉴于面板数据存在单位根可能造成伪回归的问题，需要采用LLC和IPS方法来检验数据的平稳性，结果表明生态保护（EP）和高质量发展（HQ）均在0.01的水平上显著地拒绝了原假设，即二者均为平稳序列。Granger因果关系检验结果表明黄河流域各省（自治区）生态保护与高质量发展之间存在双向的Granger因果关系。在此基础上，根据AIC原则确定最佳滞后期为1（表5），对面板数据进行GMM估计，具体结果见表6。

（1）生态保护（EP）与高质量发展（HQ）滞后1期对当期的影响均为显著的正向影响，影响系数分别为0.726和0.798，表明生态保护与高质量发展都存在正向累进效应和惯性发展特征。基于这一点，在实践中提升生态保护水平和高质量发展水平的重要措施是发挥各自的累进效应，要综合应用多种政策工具，以国土空间用途管制制度为抓手对生态保护和高质量发展进行科学规划，提升空间治理水平和治理能力，并重视激励机制在生态保护中的作用。

（2）生态保护滞后1期对高质量发展的影响和高质量发展滞后1期对生态保护的影响均为正向促进作用，回归系数分别为0.145和0.067，但均未通过显著性检验，这表明黄河流域整体上生态保护与高质量发展互为促进作用，但这一机制还未得到充分的发挥。其主要原因包括两个方面：一是黄河流域生态保护水平和高质量发展水平总体偏低，两者的互为带动作用不仅不明显，还可能会产生交互胁迫作用<sup>[39]</sup>；二是流域内部各省（自治区）发展不均衡，也在很大程度上影响了两者的互为带动作用在黄河流域的整体发

表5 最优滞后阶数检验

Table 5 Optimal lag order test

lag	AIC	BIC	HQIC
1	-6.71677*	-6.20824*	-6.51075*
2	-6.4901	-5.84901	-6.23096
3	-6.59452	-5.80628	-6.27696
4	-6.30495	-5.35214	-5.92295

注：\*代表在10%显著性水平下显著。

表6 基于GMM方法的PVAR模型估计结果

Table 6 PVAR model estimation results based on GMM method

EP		HQ	
变量	系数	变量	系数
L1.h_EP	0.726 (-6.89) ***	L1.h_EP	0.067 (-0.41)
L1.h_HQ	0.145 (-0.95)	L1.h_HQ	0.798 (-5.35) ***
N	104	N	104

注：\*\*\*代表在1%显著性水平下显著。

挥。两方面的综合结果导致生态保护与高质量发展的相互作用机制不显著。

### 3.4.2 基于面板 VAR 模型的脉冲响应分析

利用 Stata 软件对生态保护 ( $EP$ ) 与高质量发展 ( $HQ$ ) 进行脉冲响应分析, 通过蒙特卡罗模拟 1000 次来探寻未来 20 期黄河流域各省份生态保护和高质量发展的动态交互作用与响应趋势。

(1) 黄河流域各省 (自治区) 生态保护 ( $EP$ ) 和高质量发展 ( $HQ$ ) 对于自身的脉冲响应冲击均呈现出显著的正向响应 (图 6a、图 6d), 最大值在第 1 期, 随后逐渐减弱直至不再显著。生态保护的自我增强机制延续至第 5 期, 高质量发展的自我增强机制延续至第 7 期。以上结果表明黄河流域生态保护和高质量发展均表现出不同程度自我增强机制和路径依赖特征, 并随着时间的推移而逐步减弱。因此, 在实践中除了要发挥自我增强机制以外, 还要采取积极的措施避免这种自我增强机制的减弱。

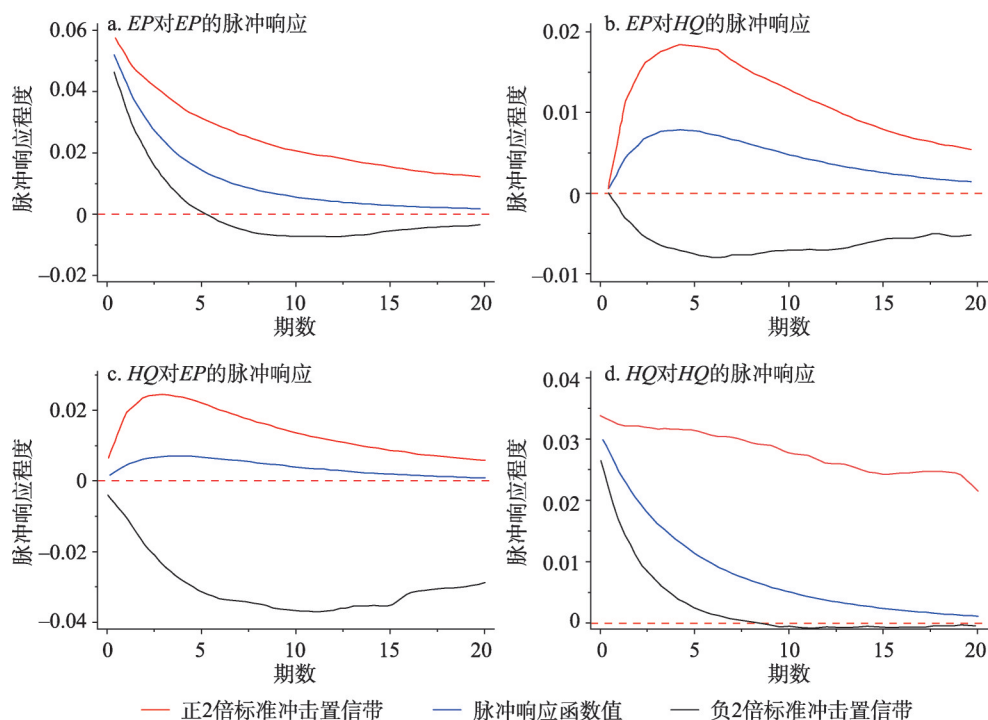


图6 脉冲响应分析结果

Fig. 6 Impulse response analysis results

(2) 对于一个标准差的高质量发展 ( $HQ$ ) 的冲击, 生态保护 ( $EP$ ) 未有显著响应 (图 6b), 这一结果与 GMM 的估计结果一致。总体来看, 黄河流域各省份高质量发展虽然对于生态保护具有带动作用, 但并不显著。主要原因是: 通过生态修复资金支持、技术效应、结构效应和制度完善等路径对生态保护的促进作用不能得到体现, 再加上各省区发展差异较大, 空间集聚效应不明显, 难以形成整体效应, 这就限制了高质量发展对于生态保护的带动作用的发挥。

(3) 对于一个标准差的生态保护 ( $EP$ ) 的冲击, 高质量发展同样表现为不显著的正向冲击响应 (图 6c), 即生态保护对于高质量发展存在支撑作用, 但不显著。主要原因是黄河流域各省 (自治区) 的生态保护水平普遍较低, 难以通过资源保障功能、集约导向

功能、财富增值功能、动力切换功能对高质量发展产生支撑作用。

3.4.3 预测方差分解

方差分解能够揭示随时间积累的一个变量受另一个变量冲击影响程度的相对累计贡献率。方差分解结果显示（表7），生态保护和高质量发展对于自身的影响均呈现逐年下降的态势，其中高质量发展对自身的正向影响程度衰减更为明显，到了第20期时，已由第1期的99.8%减少到了87.4%。高质量发展对生态保护的贡献度和生态保护对高质量发展的贡献度均在逐渐增加，在第1期时高质量发展对生态保护的贡献率为0.2%，生态保护对高质量发展的贡献率为0，到了第20期时，已经分别增长到了12.6%和6.9%。这表明在黄河流域高质量发展对生态保护的促进作用比生态保护对高质量发展的提升作用更大，也就是说高质量发展对于生态文明建设的推进具有重要现实意义。在实践中要因地制宜、以五大发展理念为指引，统筹推进高质量发展和流域协同发展，同时建立山林水田湖草有机生命体的流域综合治理体系，让“高质量发展”从“源头”推进“生态保护”。

4 结论

本文在探讨生态保护与高质量发展耦合机理的基础上，选择黄河流域为研究对象，构建生态保护与高质量发展耦合协调的指标体系，以省域为研究单元，评价黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系，并分析黄河流域在全国的地位及与长江经济带的差距，最后利用面板VAR模型考察生态保护与高质量发展的交互响应关系。主要结论如下：

（1）研究期内黄河流域生态保护指数和高质量发展指数均呈现增长的趋势，生态保护状况和高质量发展状况总体向好。通过黄河流域在全国地位的分析及与长江经济带的对比可知，黄河流域生态保护指数和高质量发展指数整体偏低。另外，黄河流域生态保护指数和高质量发展指数的空间格局也趋于一致，总体均呈现中下游地区高于上游地区的格局。在省域层面，山东、陕西既是生态保护指数高值区域，又是高质量发展指数的高值区域；宁夏和青海属于生态保护指数的低值区域，内蒙古和青海属于高质量发展的低值区域。

（2）研究期内黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调度整体呈现增长的态势，其中2003—2011年耦合协调度小于0.5，属于拮抗阶段；2012—2017年耦合协调度处于0.5~0.7之间，属于磨合阶段。结合生态保护和高质量发展的相对发展度，可以对黄河流域的耦合协调类型进行细分：2003—2008年属于耦合协调类型Ⅱ，2009—2011年属于耦合协调类型Ⅲ，2012—2015属于耦合协调类型Ⅵ，2016—2017年属于耦合类型Ⅴ。黄河流域的耦合协调度总体呈现下游>中游>上游的空间格局，在省域层面山东和陕西的耦合协调度最大，宁夏和青海的耦合协调状况最差。黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调度的空间差异性要求不同区域采取差异化政策措施。对于耦合协调度较低的黄河上

表7 基于PVAR模型估计的方差分解结果				
Table 7 Variance decomposition results estimated based on the PVAR model (%)				
期数/期	EP		HQ	
	EP	HQ	EP	HQ
1	100	0.2	0	99.8
5	99.6	1.6	0.4	98.4
10	98.8	3.3	1.2	96.7
15	97.9	5.1	2.1	94.9
20	97.0	6.6	3.0	93.4

游和部分中游地区,大多属于生态脆弱地区,尤其要注重处理好生态保护与高质量发展的关系,摒弃“先破坏、后治理”的粗放式经济增长模式,充分发挥后发优势,创新驱动新动能,通过水土保持、水污染防治、滩区综合治理、生物多样性保护等措施建设流域美丽生态带,夯实高质量发展的生态本底,并建立区域协同发展和生态保护联动机制。对于耦合协调度较高的下游地区和部分中游地区,继续加强生态保护和环境管理,增强区域中心城市的集聚程度和辐射能力,构筑高质量发展的综合体系,充分发挥高质量的环境改善效应,从经济发展中提取更多的生态保护和修复资金,在高水平生态保护的前提下推进高质量发展。

(3) 黄河流域生态保护与高质量发展都存在正向累进效应和惯性发展特征,并且对于自身的影响都呈现逐步下降的态势,其中高质量发展对自身的影响程度下降更为明显。黄河流域生态保护与高质量发展具有正向促进作用,但由于生态保护和高质量发展水平总体偏低且内部发展不均衡,造成二者的作用机制不显著。因此,实现生态保护与高质量发展耦合协调的关键是充分发挥两个子系统的互为正向促进作用,即发挥生态保护对高质量发展的支撑作用 and 高质量发展对生态保护的助力作用。具体来说,通过发挥生态保护的资源保障功能、集约导向功能、财富增值功能、动力切换功能助推高质量发展;通过发挥高质量发展的修复资金支持、技术效应、结构效应和制度完善功能助推生态保护。

### 参考文献(References):

- [1] 魏伟,石培基,魏晓旭,等.中国陆地经济与生态环境协调发展的空间演变.生态学报,2018,38(8): 2636-2648. [WEI W, SHI P J, WEI X X, et al. Spatial evolution of coordinated development of China's land economy and ecological environment. *Journal of Ecology*, 2018, 38(8): 2636-2648.]
- [2] 魏敏,李书昊.新时代中国经济高质量发展水平的测度研究.数量经济技术经济研究,2018,35(11): 3-20. [WEI M, LI S H. Research on the measurement of high-quality development level of Chinese economy in the new era. *Quantitative Economic Technical Economic Research*, 2018, 35(11): 3-20.]
- [3] 马茹,罗晖,王宏伟,等.中国区域经济高质量发展评价指标体系及测度研究.中国软科学,2019,(7): 60-67. [MA R, LUO H, WANG H W, et al. Research on evaluation index system and measurement of high-quality development of Chinese regional economy. *China Soft Science*, 2019, (7): 60-67.]
- [4] 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 the study of the coordinated coupling of high-quality economic development and ecological environment protection. *Journal of Beijing University of Technology: Social Science Edition*, 2019, 19(5): 84-94.]
- [5] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. *CEPR Discussion Papers*, 1992, 8(2): 223-250.
- [6] DOGAN E, INGLES I L R. The impact of economic structure to the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis: Evidence from European countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(11): 12717-12724.
- [7] RAHMAN S, CHEN S, SALEEM N. Financial development and its moderating role in Environment Kuznets Curve: Evidence from Pakistan. *Environment Science and Pollution Research*, 2019, 26(19): 1-16.
- [8] BOOTH H. The Environmental Kuznets Curve. *World Economics*, 2017, 18(1): 145-152.
- [9] REID W V, CHEN D, GOLDFARB L, et al. Environment and development. *Earth system science for global sustainability: Grand challenges*. Science, 2010, 330(6006): 916-917.
- [10] HEIN L, VAN K K, DE G R S, et al. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystems services. *Ecological Economics*, 2006, 57(2): 209-228.
- [11] HEIN L, KOPPEN C S, IERLAND E C, et al. Temporal scales, ecosystem dynamics, stakeholders and the valuation of



- ecosystems services. *Ecological Economics*, 2016, 21: 109-119.
- [12] 闫桂权, 何玉成, 张晓恒. 绿色技术进步、农业经济增长与污染空间溢出: 来自中国农业水资源利用的证据. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(12): 2921-2935. [YAN G Q, HE Y C, ZHANG X H. Green technological progress, agricultural economic growth and pollution space spillovers: Evidence from the use of agricultural water resources in China. *Yangtze River Basin Resources and Environment*, 2019, 28(12): 2921-2935.]
- [13] 李雅男, 丁振民, 邓元杰, 等. 中国城市工业化发展与 $PM_{2.5}$ 的关系: 兼论EKC曲线形成的内在机制. *环境科学*, 2020, 41(4): 1987-1996. [LI Y N, DING Z M, DENG Y J, et al. The relationship between the development of urbanization in China and  $PM_{2.5}$ : Also on the internal mechanism of the EKC curve. *Environmental Science*, 2020, 41(4): 1987-1996.]
- [14] 张庆宇, 张雨龙, 潘斌斌. 改革开放40年中国经济增长与碳排放影响因素分析. *干旱区资源与环境*, 2019, 33(10): 9-13. [ZHANG Q Y, ZHANG Y L, PAN B B. An analysis of the influencing factors of China's economic growth and carbon emissions in the 40 years of reform and opening. *Arid Area Resources and Environment*, 2019, 33(10): 9-13.]
- [15] 王维. 长江经济带生态保护与经济发展耦合协调发展格局研究. *湖北社会科学*, 2018, (1): 73-80. [WANG W. Research on the coordinated development pattern of the Yangtze River Economic Belt coupling ecological protection and economic development. *Hubei Social Sciences*, 2018, (1): 73-80.]
- [16] 肖黎明, 张仙鹏. 强可持续理念下绿色创新效率与生态福利绩效耦合协调的时空特征. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 312-324. [XIAO L M, ZHANG X P. Spatiotemporal characteristics of coupling coordination between green innovation efficiency and ecological welfare performance under the concept of strong sustainability. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(2): 312-324.]
- [17] 许振宇, 贺建林. 湖南省生态经济系统耦合状态分析. *资源科学*, 2008, 30(2): 185-191. [XU Z Y, HE J L. Analysis of the coupling state of ecological economic system in Hunan province. *Resources Science*, 2008, 30(2): 185-191.]
- [18] 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. *经济地理*, 2016, 36(3): 186-193. [ZHOU C, FENG X G, TANG R. Analysis and forecast of the coordinated development of regional economy-ecological environment - tourism industry: Taking provinces and cities along the Yangtze River Economic Belt as an example. *Economic Geography*, 2016, 36(3): 186-193.]
- [19] 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. *地理学报*, 2016, 71(4): 531-550. [FANG C L, ZHOU C H, GU C L, et al. Theoretical framework and technical approach to the analysis of the coupling effect of urbanization and ecological environment in mega-cities. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 531-550.]
- [20] 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. *农业经济问题*, 2019, (12): 43-51. [JIANG L, WANG X J. Discussion on the internal relationship between environmental quality and agricultural economic growth: EKC analysis based on panel data of 31 provinces in China. *Agricultural Economic Problems*, 2019, (12): 43-51.]
- [21] 姜磊, 柏玲, 吴玉鸣. 中国省域经济、资源与环境协调分析: 兼论三系统耦合公式及其扩展形式. *自然资源学报*, 2017, 32(5): 788-799. [JIANG L, BAI L, WU Y M. Analysis on the coordination of economy, resources and environment in China's provinces. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(5): 788-799.]
- [22] 赵先贵, 马彩虹, 赵晶, 等. 足迹家族的改进及其在新疆生态文明建设评价中的应用. *地理研究*, 2016, 35(12): 2384-2394. [ZHAO X G, MA C H, ZHAO J, et al. Improvement of footprint family and its application in evaluation of Xinjiang Ecological Civilization. *Geographical Research*, 2016, 35(12): 2384-2394.]
- [23] 高阳, 黄姣, 王羊, 等. 基于能值分析及小波变换的城市生态经济系统研究: 以深圳市为例. *资源科学*, 2011, 33(4): 781-788. [GAO Y, HUANG J, WANG Y, et al. Research on urban eco-economic system based on emergy analysis and wavelet transform: Taking Shenzhen as an example. *Resources Science*, 2011, 33(4): 781-788.]
- [24] 方创琳, 任宇飞. 京津冀城市群地区城镇化与生态环境近远程耦合能值代谢效率及环境压力分析. *中国科学: 地球科学*, 2017, 47(7): 833-846. [FANG C L, REN Y F. Analysis of near-long-distance coupling of energy metabolism efficiency and environmental pressure in urbanization and ecological environment of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration. *Science in China: Earth Science*, 2017, 47(7): 833-846.]
- [25] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析. *地理学报*, 2005, 60(2): 237-247. [LIU Y B,



- LI R D, SONG X F. Correlation analysis on the coupling of regional urbanization and ecological environment in China. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(2): 237-247.]
- [26] 刘承良, 颜琪, 罗静. 武汉城市圈经济资源环境耦合的系统动力学模拟. *地理研究*, 2013, 32(5): 857-869. [LIU C L, YAN Q, LUO J. System dynamics simulation of economic resource environment coupling in Wuhan City Circle. *Geographical Research*, 2013, 32(5): 857-869.]
- [27] 崔学刚, 方创琳, 刘海猛, 等. 城镇化与生态环境耦合动态模拟理论及方法的研究进展. *地理学报*, 2019, 74(6): 1079-1096. [CUI X G, FANG C L, LIU H M, et al. Research progress on the theory and method of dynamic simulation coupling urbanization and ecological environment. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(6): 1079-1096.]
- [28] 王介勇, 吴建寨. 黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势. *生态学报*, 2012, 32(15): 4861-4868. [WANG J Y, WU J Z. The dynamic coupling process and trend of regional eco-economic system in the Yellow River Delta. *Journal of Ecology*, 2012, 32 (15): 4861-4868.]
- [29] 马彩虹, 赵晶, 赵先贵. 基于足迹家族的宁夏资源环境压力评估及时空差异分析. *环境科学学报*, 2016, 36(8): 3049-3058. [MA C H, ZHAO J, ZHAO X G. Analysis of time and space differences in Ningxia resource and environmental stress assessment based on footprint family. *Journal of Environmental Science*, 2016, 36(8): 3049-3058.]
- [30] 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. The spatio-temporal pattern and influencing factors of the coupling of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin. *Resources Science*, 2020, 42(1): 159-171.]
- [31] 邢霞, 修长百, 刘玉春. 黄河流域水资源利用效率与经济发展的耦合协调关系研究. *软科学*, 2020, 34(8): 44-50. [XING X, XIU C B, LIU Y C. Research on the coupling and coordination relationship between water resources utilization efficiency and economic development in the Yellow River Basin. *Soft Science*, 2020, 34(8): 44-50.]
- [32] 焦念涛, 郑向敏, 殷杰. 黄河流域旅游经济与生态环境耦合协调度评价及影响因素. *资源开发与市场*, 2020, 36(6): 591-598. [JIAO N T, ZHENG X M, YIN J. Evaluation and influencing factors of coupling degree of tourism economy and ecological environment in the Yellow River Basin. *Resource Development and Market*, 2020, 36(6): 591-598.]
- [33] 杨莉, 刘海燕. 习近平“两山理论”的科学内涵及思维能力的分析. *自然辩证法研究*, 2019, 35(10): 107-111. [YANG L, LIU H Y. Analysis of the scientific connotation and thinking ability of XI Jin-ping's "Two Mountains Theory". *Dialectics of Nature*, 2019, 35(10): 107-111.]
- [34] 胡咏君, 吴剑, 胡瑞山. 生态文明建设“两山”理论的内在逻辑与发展路径. *中国工程科学*, 2019, 21(5): 151-158. [HU Y J, WU J, HU R S. The internal logic and development path of the theory of "Two Mountains" in the construction of ecological civilization. *Chinese Engineering Science*, 2019, 21(5): 151-158.]
- [35] 梁流涛. 经济增长与环境质量关系研究: 以江苏省为例. *南京农业大学学报: 社会科学版*, 2008, (1): 20-25. [LIANG L T. Research on the relationship between economic growth and environmental quality: Taking Jiangsu province as an example. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Science Edition*, 2008, (1): 20-25.]
- [36] 张军扩, 侯永志, 刘培林, 等. 高质量发展的目标要求和战略路径. *管理世界*, 2019, 35(7): 1-7. [ZHANG J K, HOU Y Z, LIU P L, et al. Target requirements and strategic paths for high-quality development. *Management World*, 2019, 35 (7): 1-7.]
- [37] 毕国华, 杨庆媛, 刘苏. 中国省域生态文明建设与城市化的耦合协调发展. *经济地理*, 2017, 37(1): 50-58. [BI G H, YANG Q Y, LIU S. Coupling and coordinated development of provincial ecological civilization and urbanization in China. *Economic Geography*, 2017, 37(1): 50-58.]
- [38] 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. High quality regional development research based on geographical units: Discuss on the difference in development conditions and priorities of the Yellow River Basin compared to the Yangtze River Basin. *Economic Geography*, 2020, 40(1): 1-11.]
- [39] FANG C L, LIU H M, LI G D. International progress and evaluation on interactive coupling effects between urbanization and the eco-environment. *Journal of Geographical Sciences*, 2016, 26(8): 1081-1116.

## Coupling relationship and interactive response between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin

LIU Lin-ke<sup>1,2</sup>, LIANG Liu-tao<sup>1,2</sup>, GAO Pan<sup>3</sup>, FAN Chang-sheng<sup>2</sup>,  
WANG Hong-hao<sup>4</sup>, WANG Han<sup>4</sup>

(1. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, Henan, China; 2. Key Laboratory of Geospatial Technology for Middle and Lower Yellow River Regions, Ministry of Education, Kaifeng 475004, Henan, China; 3. College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 4. Natural Resources Bureau of Zhenping County, Nanyang city, Nanyang 474250, Henan, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the coupling mechanism of ecological protection and high-quality development, the provincial unit is taken as the research unit to evaluate the coupling coordination degree of ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin, compared with the Yangtze River Economic Belt. Finally, the panel VAR model is used to quantitatively analyze the interactive response relationship between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. The main conclusions are as follows: (1) During the study period, both the ecological protection index and the high-quality development index of the Yellow River Basin showed an increasing trend, and the overall pattern of the middle and lower reaches was higher than that of the upper reaches. (2) The coupling coordination degree of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin showed an overall increasing trend. Among them, the coupling coordination degree from 2003 to 2011 was less than 0.5, which was an antagonistic stage; in 2012-2017, the coupling coordination degree is between 0.5-0.7, which belongs to the run-in stage. The metropolis in the Yellow River Basin presents a spatial pattern of downstream > middle reaches > upstream, with the highest coupling coordination between Shandong and Shanxi at the provincial level, and the lowest coupling coordination between Ningxia and Qinghai. (3) The ecological protection index of the Yellow River Basin is slightly higher than the national average. The high-quality development index and the coupling coordination degree are lower than the national average. The ecological protection index of the Yellow River Basin in the early stage (2003-2009) is lower than that of the Yangtze River Economic Belt, while it is higher in the later period (2010-2017). The high-quality development index and coupling coordination degree are lower compared with the Yangtze River Economic Belt in all the years. (4) Both the ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin have positive progressive effects and inertial development characteristics, and their effects on themselves are declining year by year, and the degree of attenuation of high-quality development is more obvious. The ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin play a positive role in promotion, but due to the overall low level of ecological protection and high-quality development and uneven internal development, the mechanism of action of the two is not significant.

**Keywords:** ecological protection; high-quality development; coupling coordination; interactive response; Yellow River Basin