

薛明月. 黄河流域经济发展与生态环境耦合协调的时空格局研究. 世界地理研究, 2022, 31(6): 1261-1272. [XUE Mingyue. The spatial and temporal pattern of coupling and coordination between economic development and ecological environment in the Yellow River Basin. World Regional Studies, 2022, 31(6): 1261-1272.]
DOI: 10.3969/j.issn.1004-9479.2022.06.2020674

黄河流域经济发展与生态环境耦合协调的 时空格局研究

薛明月

(中共陕西省委党校(陕西行政学院), 中国特色社会主义理论研究中心, 西安 710061)

摘要:生态环境是经济发展的基础,合理的有序的经济的发展既是生态环境的内在要求,也是加强环境保护的重要支撑。推动黄河流域经济与生态环境协调发展是该流域实现生态保护与高质量发展的前提。文中以黄河流域91个地市(州、盟)为研究单元,构建经济发展和生态环境耦合协调评价指标体系,并运用熵值法、耦合协调模型及相对发展度模型对2005—2018年黄河流域经济发展与生态环境耦合协调度时空格局进行分析。结果表明:(1)从时序分析层面看,黄河流域经济发展与生态环境耦合度整体呈小幅波动下降态势,耦合水平较低,长期处于中度耦合的颤颤阶段;协调度总体呈波动下降趋势,主要从濒临失调阶段向轻度失调阶段过渡,协调度水平有待提升;相对发展度整体呈大幅波动上升态势,具体表现为随着时间的推移总体呈现生态环境逐渐滞后于经济发展的状态;(2)从空间分析层面看,耦合度呈现由上游向中下游逐渐增强的空间格局,协调度呈现以省会城市以及沿海城市为高值中心连片分布的格局,具有明显的空间差异性,相对发展度随着时间的推移,整体呈现由分散向集中、由个别到整体的空间形态。

关键词:经济发展;生态环境;耦合协调;黄河流域

0 引言

改革开放以来,黄河流域经济建设和社会发展取得了显著成就,但在快速城镇化与工业化的进程中,出现了诸如资源过度消耗、环境污染加剧等一系列发展问题。经济发展与生态环境之间的矛盾日益加剧,阻碍了黄河流域经济社会的可持续发展。2019年9月,习近平同志在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上,指出黄河流域是我国重要的生态屏障和重要的经济地带,是打赢脱贫攻坚战的重要区域,在我国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位。随着黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家战略,如何推动黄河流域高质量发展,尤其是经济与环境之间的协调发展,成为当前学术界普遍关注的重要议题。

经济-环境系统是一个复杂系统,经济增长与生态环境如何实现协调发展已成为全世界共同关注的话题。长期以来,国内外学者对经济与环境系统的相互关系展开了广泛的探讨。20世纪50年代中期,西蒙·库兹涅茨就以一个国家的经济发展与生态环境问题展开研究,提出了探讨经济与环境关系的经典理论——库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve,

收稿日期:2020-09-25; 修订日期:2020-11-12

基金项目:国家自然科学基金项目(41371170);山东省自然科学基金项目(ZR2019MD043)。

作者简介:薛明月(1992-),女,博士,讲师,研究方向为区域经济、经济地理,E-mail:xmy19920224@126.com。

EKC)^[1]。20世纪90年代,Grossman和Krueger通过对收入水平与环境质量进行定量分析,进一步证实了经济发展与污染物呈“倒U形”的EKC假设^[2]。此后,众多学者通过开展不同区域的环境库兹涅茨曲线实证研究发现,许多国家和地区的收入水平和环境质量之间存在“U形”“M形”“N形”“倒N形”等多种关系^[3,4]。国内学者对经济与环境耦合协调的研究主要集中在经济与环境关系的基础理论及变化规律^[5]、经济与环境耦合协调评估^[6,7]、经济与环境耦合协调时空格局及交互影响机制^[8,9]。多采用熵值法、耦合协调度模型、探索性空间数据分析等方法,对地区、省域、城市圈^[10]、城市群^[9]等尺度进行评价。

综上,学术界围绕经济与生态环境耦合协调开展了大量的案例研究,也取得了丰硕的成果,为进一步开展经济与环境协调发展研究提供了重要参考。但仍存在以下不足:从研究尺度来看,已有研究多从宏观尺度入手或以经济较发达的地区为主,鲜有学者对流域这一空间尺度开展精细化研究,而流域作为带状经济区在我国区域经济发展中的地位日益重要,尤其是以黄河流域这一承载“黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略”的特殊地理经济区的研究较少涉及。基于此,本文以黄河流域作为研究区域,首先从经济发展规模、经济发展结构、经济发展活力三个维度构建了黄河流域经济发展评价指标体系,基于PSR模型从生态环境压力、生态环境状态、生态环境响应三个维度构建了黄河流域生态环境评价指标体系,借助熵值法、耦合协调度模型和相对发展度模型分别测度经济发展与生态环境指数、耦合度、协调度和相对发展度,并分析其经济发展与生态环境耦合协调的时空格局,进而厘清黄河流域经济发展与生态环境之间的耦合协调关系,以期促进全流域高效、持续、健康稳定发展,为助力黄河流域实现生态保护与高质量发展提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区范围

为合理划定黄河流域研究范围,文中在李敏纳提出的“以自然流域为基础支撑、考虑地域研究单元的完整性以及地区经济与黄河的直接关联性”三项原则^[11]的基础上,考虑到四川省属于长江流域,内蒙古东四旗归属于东北地区,对黄河流域研究范围进行划分。最终以黄河流域的青、甘、宁、内蒙古、陕、晋、豫、鲁8个省区中的91个地市(州、盟)作为研究区域,其中,内蒙古不包含东四盟,即呼伦贝尔市、通辽市、赤峰市和兴安盟(图1)。

1.2 指标体系与数据来源

遵循数据可得性、科学性和代表性原则,借鉴已有研究成果^[12,13],构建了包含2个目标层、6个准则层、18个

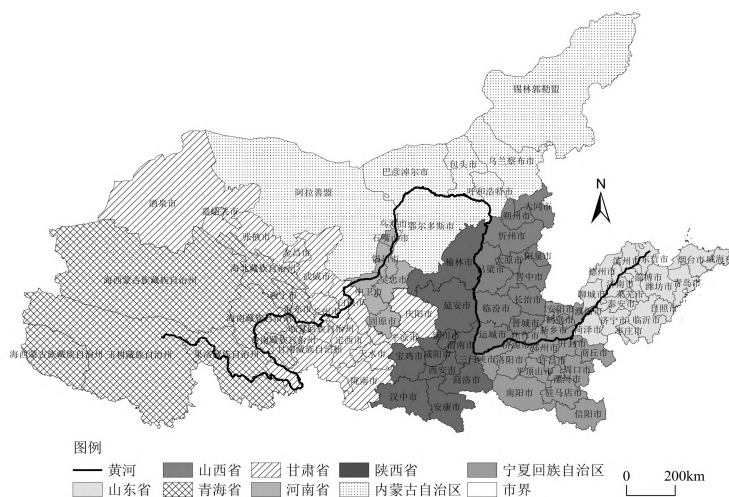


图1 黄河流域地市(州、盟)区位图

Fig.1 Regional location map of the Yellow River Basin

基础指标的黄河流域经济发展与生态环境耦合协调评价指标体系(表1)。其中,经济发展是一个地区经济实力的综合体现,文中分别从经济发展规模、经济发展结构、经济发展活力三个维度选取指标来衡量黄河流域经济发展水平。其中,选取人均GDP、人均地方一般公共预算收入、人均固定资产投资总额3个指标来体现地区经济发展规模;由于产业结构的变化对促进地区经济发展与生态环境协调发展具有重要作用,因此选取第一产业增加值占GDP比重、第二产业增加值占GDP比重、第三产业增加值占GDP比重突出地区经济发展结构;人均社会消费品零售额、城镇居民人均可支配收入、农村居民人均可支配收入是地区经济得以稳步前进的推动力,因此,选取以上3个指标来表征经济发展活力。此外,经济发展水平中人均GDP等指标因研究时序跨度较大,为剔除价格变动因素对相关指标的影响,本文采用1978年为基期的GDP平减指数得到研究年份各地区的实质GDP值。

表1 黄河流域经济发展与生态环境评价指标体系

Tab.1 Indicator system of economic development and ecological environment in the Yellow River Basin

目标层	准则层	指标层	指标属性	目标层	准则层	指标层	指标属性
经济发展	经济发展规模	人均GDP/元	+	生态环境	生态环境压力	工业废水排放量/t	-
		人均地方一般公共预算收入/元	+			工业粉尘排放量/t	-
		人均固定资产投资总额/元	+			工业二氧化硫排放量/万t	-
	经济发展结构	第一产业增加值占GDP比重/%	+		生态环境状态	人均绿地面积/m ²	+
		第二产业增加值占GDP比重/%	+			建成区绿化覆盖率/%	+
		第三产业增加值占GDP比重/%	+			人均水资源量/m ³	+
	经济发展活力	人均社会消费品零售额/元	+		生态环境响应	固体废物综合利用率/%	+
		城镇居民人均可支配收入/元	+			污水集中处理率/%	+
		农村居民人均可支配收入/元	+			生活垃圾无害化处理率/%	+

“压力-状态-响应”(PSR模型)能够较系统全面地反映人类活动与生态环境变化之间的因果关系,是环境质量评价常用的一种评价模型^[9],其构建思路为:人类经济活动以及流域自身脆弱性问题对生态环境造成直接或间接的压力,促使生态环境状态发生改变,进而对流域的生态环境质量造成负面影响,相关部门则会依据环境现状采取紧急措施或出台相应政策并积极做出正面响应,这一响应又将反作用于压力和状态系统,促使压力、状态、响应三者的平衡与协调。因此,参照该模型思路,本文从环境压力、环境状态和环境响应三个维度选取指标体系来衡量黄河流域生态环境状况。其中,生态环境压力主要选取工业二氧化硫排放量、工业废水排放量、工业粉尘排放量3个指标,即人类经济活动对生态环境造成的破坏;生态环境状态主要选取人均绿地面积、建成区绿化覆盖率、人均水资源量3个指标;生态环境响应主要选取固体废物综合利用率、污水集中处理率、生活垃圾无害化处理率3个指标,即通过采取措施和行动来减轻人类经济活动对生态环境造成的负面影响。

以2005—2018年为研究时序,数据来源于《中国城市统计年鉴》(2006—2019年)、《中国区域经济统计年鉴》(2006—2014年)及各省(自治区)统计年鉴及国民经济和社会发展统计公报。受数据可获性限制,部分缺失指标用插值法替代。

1.3 研究方法

1.3.1 熵值法 采用熵值法确定各指标权重以消除人为打分的主观性^[14]。具体步骤如下:

①首先,对指标层的原始数据做标准化处理,以消除不同量纲的影响。文中采用极差标准化处理方法,公式如下:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (\text{正向指标}); y_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (\text{负向指标}) \quad (1)$$

式中, y_{ij} 为标准化的值, x_{ij} 为原始数值, $\max(x_{ij})$ 、 $\min(x_{ij})$ 分别表示 j 指标的最大值与最小值。

②计算 j 项指标下第 i 个地区占该指标的比重 P :

$$P_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

③计算第 j 项指标的熵值 e : $e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})$ (3)

式中, e_j 表示指标熵值, $0 \leq e_j \leq 1$; $k=1/\ln m$ 。

④计算第 j 项指标的效用值 D : $D_j = 1 - e_j$ (4)

⑤指标权重 w_{ij} 的确定: $w_{ij} = D_j / \sum_{j=1}^m D_j$ (5)

式中, w_{ij} 表示指标权重; e_j 表示指标熵值; n 表示指标个数。

⑥计算经济发展和生态环境的综合发展水平值:

$$U = \sum w_{ij} y_{ij} \quad (6)$$

式中, U 为经济发展、生态环境的综合评价指数, y_{ij} 分别是两系统中 t 年份经过无量纲化的指标值, w_{ij} 表示两系统中指标 i 的权重。

1.3.2 耦合协调度模型 (1)耦合度模型。耦合主要指2个或2个以上的系统通过各种相互作用而彼此影响的现象,耦合度是评价两个系统相互影响程度的重要方法^[15,16]。文中借助耦合度模型定量分析黄河流域经济发展与生态环境的耦合特征及变化趋势,公式如下^[17]:

$$C = \sqrt{U_1 \times U_2} / (U_1 + U_2) \quad (7)$$

式中, C 为耦合度,取值范围为 $[0, 1]$, C 值越接近1,表征子系统之间的耦合度越高。借鉴相关参考文献^[12,18],将耦合度 C 分为以下类型(表2)。

表2 经济发展与生态环境耦合类型划分

Tab.2 Coupling classification of economic development and ecological environment

耦合等级	耦合阶段	耦合度	耦合等级	耦合阶段	耦合度
$0.000 < C \leq 0.399$	低水平耦合阶段	极低耦合	$0.499 < C \leq 0.549$	磨合阶段	较高耦合
$0.399 < C \leq 0.449$		较低耦合	$0.549 < C \leq 0.599$	高水平耦合阶段	高度耦合
$0.449 < C \leq 0.499$	颀颀阶段	中度耦合	$0.599 < C \leq 1.000$		极高耦合

(2)协调度模型。为更好地反映经济发展和生态环境两个子系统间交互耦合的协调效应,构建二者的协调度模型 D , 公式为:

$$D = (C \times T)^{1/2}, \text{ 其中, } T = (\alpha U_1 + \beta U_2) \quad (8)$$

式中, T 表示经济发展与生态环境的综合评价指数,反映经济发展与生态环境的动态协调关系。 α 、 β 为待定系数,文中取 α 、 β 为0.5。 D 为协调度, D 取值范围为 $[0, 1]$,数值越大表示协调性越好。借鉴相关文献^[19,20],结合区域实际情况对协调度等级进行划分(表3)。

表3 经济发展与生态环境协调度等级划分标准

Tab.3 Coordination degree of economic development and ecological environment

协调度(D)	协调等级	协调度(D)	协调等级
$0.00 < D \leq 0.09$	极度失调	$0.49 < D \leq 0.59$	勉强协调
$0.09 < D \leq 0.19$	严重失调	$0.59 < D \leq 0.69$	初级协调
$0.19 < D \leq 0.29$	中度失调	$0.69 < D \leq 0.79$	中级协调
$0.29 < D \leq 0.39$	轻度失调	$0.79 < D \leq 0.89$	良好协调
$0.39 < D \leq 0.49$	濒临失调	$0.89 < D \leq 1.00$	优质协调

1.3.3 相对发展度模型 耦合协调模型反映经济发展与生态环境间的内在联系强度,但无法体现二者的发展差距。因此引入相对发展度模型来测度区域经济发展相对于生态环境超前发展或滞后发展程度。公式为:

$$P = U_1 / U_2 \quad (9)$$

式中, P 为相对发展度。借鉴已有研究成果^[21],当 $P > 1.2$ 时,区域经济发展超前型;当 $0.8 < P \leq 1.2$ 时,区域经济发展与生态环境同步发展型;当 $P \leq 0.8$ 时,区域经济发展滞后型。

2 结果与分析

2.1 经济发展与生态环境耦合协调的时序特征

运用熵值法、耦合协调度模型和相对发展度模型分别测度了2005—2018年黄河流域经济发展与生态环境的耦合度、协调度和相对发展度(表4)。

2.1.1 耦合度的时序特征分析 从表4来看,2005—2018年期间黄河流域经济发展与生态环境耦合度主要处于 $(0.449, 0.499]$ 区间范围,长期位于颞颞阶段,且耦合度值平稳波动,呈先上升后下降的趋势,整体呈现倒“U”形特征。14年间黄河流域经济发展与生态环境的耦合度值均低于0.5,长期处于相互抗衡阶段,说明两系统间相互关联作用不强,黄河流域经济与生态环境之间的关系基本以对抗发展状态为主。耦合度总体呈现下降趋势,波动幅度较小。根据耦合度值变化过程分析来看,可将其划分为两个阶段:第一阶段为2005—2015年,耦合度呈波动上升态势,整体波动较为平稳,表明黄河流域经济发展与生态环境的关联作用在波动中逐渐增强,主要是由于该阶段经济与环境系统均趋于优化的状态,二者的发展质量处于相对改善的状态,从而促使了二者耦合状态的提升。第二阶段为2016—2018年,耦合度整体呈现急剧下降趋势,说明随着时间的推移,黄河流域各地区一味追求经济的增长,忽视了该区域生态环境保护的改善,导致二者的关联作用相对减弱。

2.1.2 协调度的时序特征分析 从协调度来看,2005—2018年期间黄河流域经济发展与生态环境协调度值在 $0.3873 \sim 0.4367$ 区间呈波动下降态势,除2018年为轻度失调外,其余年份均为濒临失调阶段,协调类型从濒临失调转变为轻度失调,说明近14年黄河流域经济发展与生态环境的协调程度基本还处于中低水平,二者的相互作用不断趋于恶化态势。根据协调度的波动态势,可将其划分为两个阶段:第一阶段为缓慢增长阶段(2005—2011年),协调度呈波动上升态势,但整体协调度水平较低,属于濒临失调的临界阶段,该阶段黄河流域在发展经济的同时对流域整体的资源环境造成了一定的压力,导致二者之间的协调关系并不理想。第二阶段为波动下降阶段(2012—2018年),虽然在2014年协调度达到顶峰,但随后协调度在持续下降,从濒临失调状态转为轻度失调状态。总体来看,黄河流域经济发展与

生态环境的协调度不断降低,系统间及要素间的相互作用不断趋于恶化,表明黄河流域经济发展的快速推进对脆弱的生态环境所带来的压力不断增大,二者协调关系逐年下降,已出现轻度失调的发展态势,进一步说明了黄河流域生态保护和高质量发展上升为国家战略决策的正确性和重要性。

2.1.3 相对发展度的时序特征分析 从表4来看,2005—2018年期间黄河流域经济发展与生态环境相对发展度值在0.764 2~1.342 6区间内,呈大幅波动上升趋势,整体呈现经济发展水平滞后程度随着时间推移逐渐改善,而生态环境相对经济发展速度呈现优先程度逐渐恶化的特征。2005年经济的发展相对滞后于生态环境,说明经济的发展还未超越生态环境的承载力,二者的耦合协调关系较为和谐。在此阶段,黄河流域经济发展起步较晚,各地区资源消耗、环境污染力度相对较低,加之政府采取一系列如资源科学开发、环境污染整治、生态恢复等生态保护措施,使得生态环境本底优于经济发展;2006—2017年经济与生态环境的耦合协调关系处于同步发展的临界状态,在这一阶段,经济发展进入粗放型阶段,一系列诸如资源消耗、环境污染等问题开始逐渐显现。2018年经济发展已超越生态环境的承载力,转变为生态环境滞后的发展阶段,在此阶段,因发展经济对流域的生态环境造成严重的负面影响,导致生态环境逐渐趋于恶化。

表4 2005—2018年黄河流域经济发展与生态环境耦合协调度

Tab.4 Coupling coordination degree of economic development and ecological environment in the Yellow River Basin in 2005-2018

年份	经济发展指数(U_1)	生态环境指数(U_2)	耦合度(C)	协调度(D)	耦合阶段	协调等级	相对优先度(P)	发展阶段
2005	0.3125	0.4089	0.4955	0.4228	颀颀阶段	濒临失调	0.7642	经济发展滞后
2006	0.3174	0.3843	0.4977	0.4179	颀颀阶段	濒临失调	0.8259	同步发展
2007	0.3339	0.4006	0.4979	0.4276	颀颀阶段	濒临失调	0.8335	同步发展
2008	0.3379	0.4061	0.4979	0.4304	颀颀阶段	濒临失调	0.8321	同步发展
2009	0.3400	0.4214	0.4971	0.4351	颀颀阶段	濒临失调	0.8068	同步发展
2010	0.3434	0.3874	0.4991	0.4270	颀颀阶段	濒临失调	0.8864	同步发展
2011	0.3486	0.4175	0.4980	0.4367	颀颀阶段	濒临失调	0.8350	同步发展
2012	0.3425	0.4007	0.4985	0.4304	颀颀阶段	濒临失调	0.8548	同步发展
2013	0.3437	0.4021	0.4985	0.4311	颀颀阶段	濒临失调	0.8548	同步发展
2014	0.3497	0.3844	0.4994	0.4382	颀颀阶段	濒临失调	0.9097	同步发展
2015	0.3488	0.3927	0.4991	0.4302	颀颀阶段	濒临失调	0.8882	同步发展
2016	0.3090	0.3610	0.4985	0.4086	颀颀阶段	濒临失调	0.8560	同步发展
2017	0.3322	0.3499	0.4998	0.4129	颀颀阶段	濒临失调	0.9494	同步发展
2018	0.3476	0.2589	0.4946	0.3873	颀颀阶段	轻度失调	1.3426	生态环境滞后

2.2 经济发展与生态环境耦合协调的空间格局

2.2.1 耦合度空间格局分析 以黄河流域各地级市为基本单元,根据公式(7)测度2005、2009、2014和2018年各地市的耦合度值,并按照耦合度类型的划分标准将其可视化(图2)。从空间分布上看,黄河流域各地市耦合度主要处于颀颀阶段,仅少数地市位于磨合阶段,空间分布较为集中,各地市间差异不大,空间演化较大,整体呈现出由分散到集中、由上游到中

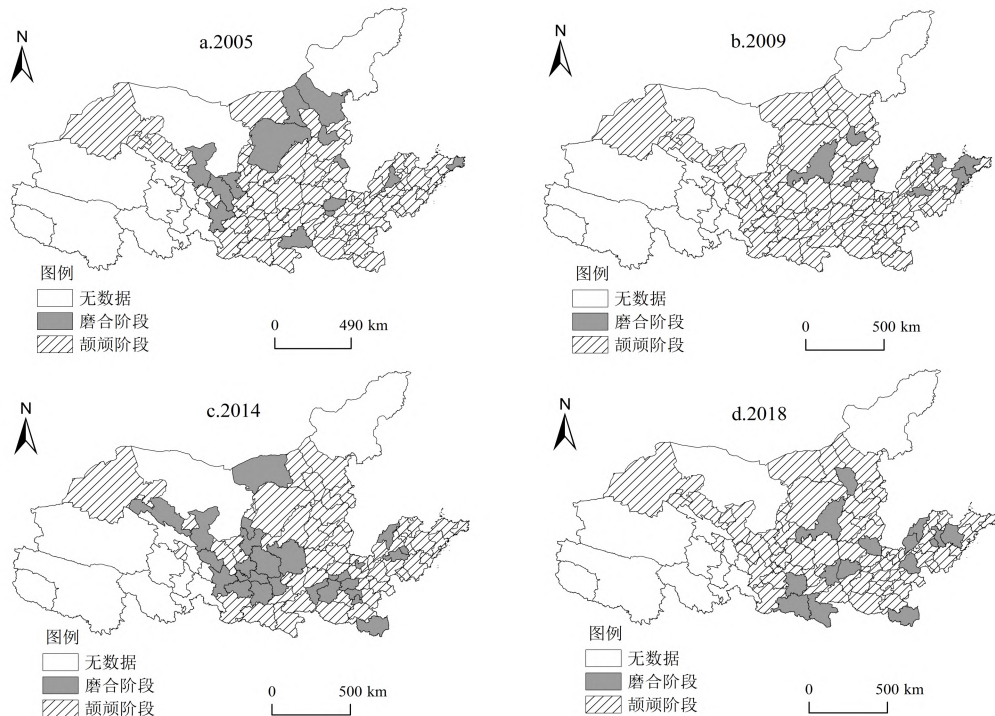


图2 2005—2018年黄河流域经济发展与生态环境耦合度空间格局

Fig.2 The spatial pattern of coupling between economic development and ecological environment in the yellow River Basin in 2005-2018

下游逐渐增强的分布格局。

分年份来看,2005年经济发展和生态环境耦合度高水平地区主要分布在甘肃省东南部部分地市、内蒙古鄂尔多斯市区及周边部分地市,其余省份呈现较为零星分散的分布状况。此外,其余省份大部分地市因存在资源利用粗放导致耦合度较低,尚处于颞颥阶段。耦合度在2005—2009年整体处于上升趋势,但在2009年出现明显下降,且成为耦合度值最低的年份,表明经济发展与生态环境之间的相互影响程度减弱,耦合度值高的地区多分布在山东半岛、陕西省的榆林市和山西省的朔州市和晋中市,大多数地级市均处在磨合阶段。2014年为黄河流域耦合度值最高的年份,表明经济发展与生态环境之间的相互影响程度明显增强,一些城市相继进入磨合阶段,主要分布在陕甘宁及河西走廊地区如延安、宝鸡、银川、吴忠、庆阳等城市,河南省郑州周边洛阳、许昌等地市,山东省西部的德州、莱芜和泰安市。此外,在黄河流域各城市耦合度最高的年份,山西省的所有地级市仍处在颞颥阶段,该省作为能源大省,在经济发展进程中对生态环境施加的压力过重,环境污染问题突出,是处于颞颥阶段的重要原因。2018年黄河流域耦合度值较高地区主要集中在陕西和山东等地市,此类地区经济发展水平相对较高,自身拥有良好的生态环境可以承载其经济的发展,并且有一定能力处理导致环境恶化的三废污染。值得关注的是,宁夏、甘肃和河南的大多数地市耦合度又有所下降,从磨合阶段退回为颞颥阶段,说明此类地区的环境生态承载力能力有限,经济的发展对生态环境造成巨大压力,导致耦合度下降。

2.2.2 协调度空间格局分析 根据公式(8)分别测算2005、2009、2014和2018年黄河流域

各地市的协调度值,并按照协调度类型的划分标准将其可视化(图3)。从黄河流域各地市协调度空间分异来看,总体协调度不高,黄河下游协调度较高,其次为中游,而上游地市由勉强协调阶段陷入轻度失调阶段。

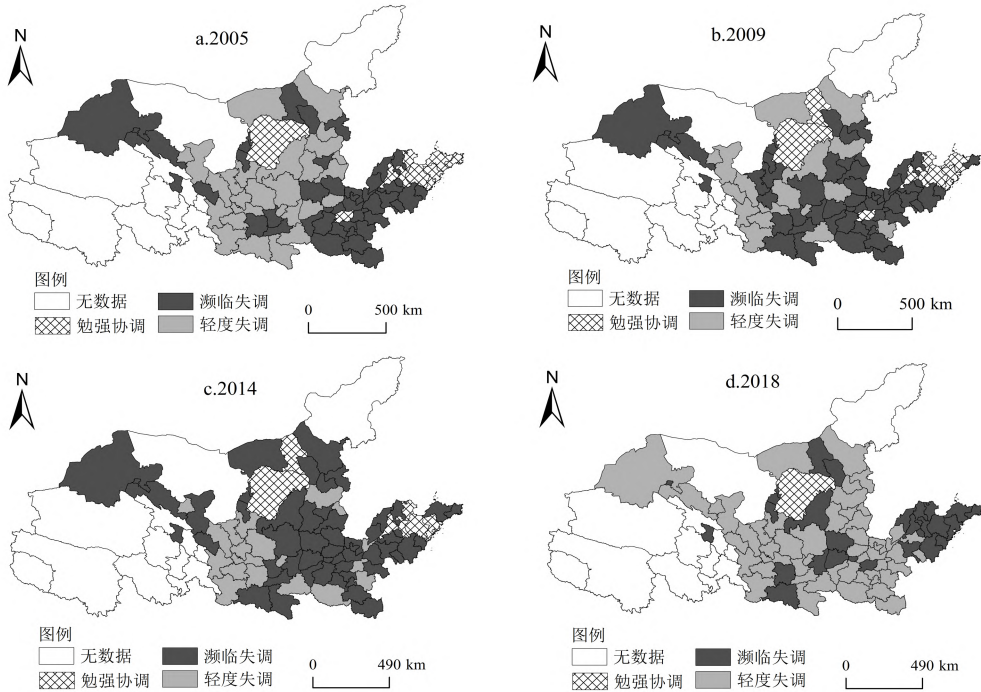


图3 2005—2018年黄河流域经济发展与生态环境协调度空间格局

Fig.3 The spatial pattern of coordination degree between economic development and ecological environment in the Yellow River Basin in 2005-2018

分年份来看,2005年经济发展和生态环境的勉强协调地区主要集中在山东半岛、河南省以及河西走廊地区;濒临失调地区主要是以山东省济南市及周边城市和内蒙古鄂尔多斯为主的片状分布格局;轻度失调地区主要是以黄河中上游的陕晋甘宁为主呈连片集中分布格局。2009年是协调度较高的年份,黄河流域勉强协调等级地区范围逐渐扩张。轻度失调等级范围逐步缩小,分布范围由陕晋甘宁集中连片到块状分散。2014年是协调度最高的一年,黄河流域除济南市外,其余省会城市全部进入勉强协调阶段,这些城市大多为省会城市或副省级城市;濒临失调和轻度失调等级的范围缩小,轻度失调等级主要是以陕甘宁边界为主呈片状集中分布。2018年是协调度最低的年份,黄河流域勉强协调等级主要集中在黄河下游的山东半岛地区;轻度失调等级的城市由黄河上游延伸至黄河下游,范围逐步扩大,各地级市的协调度进一步下降,尤其是山西、河南及陕西的南部地区下降趋势明显。总体上,黄河流域经济发展和生态环境协调度呈现以高值为中心连片分布的格局,具有明显空间差异性。经济发展与生态环境协调度高值多分布于省会城市以及沿海城市,省会城市多为经济要素集聚中心,且具备相对强大的行政能力和先进的污染治理能力以加强环境保护力度;沿海城市优越便利的交通区位条件利于经济发展,相对而言生态环境基础较好,协调度较高。

2.2.3 相对发展度空间格局分析 根据公式(9)分别测算2005、2009、2014和2018年黄河

流域各地市单元的相对发展度并将其可视化(图4)。黄河流域各地市相对发展度逐年上升,空间差异较大,整体呈现出由集中到分散、由个别到整体的分布形态。2005—2018年黄河流域经济发展滞后型地市逐渐减少、生态环境滞后型地市逐渐增加、同步发展型地市为先减少后增加再减少的“M”形变化。黄河流域相对发展度的空间演化发展说明了该流域经济发展的速度正在逐步超越生态环境的承载力,进一步表明了推动生态文明建设、提升黄河流域生态保护和高质量发展战略地位的重要性和紧迫性。

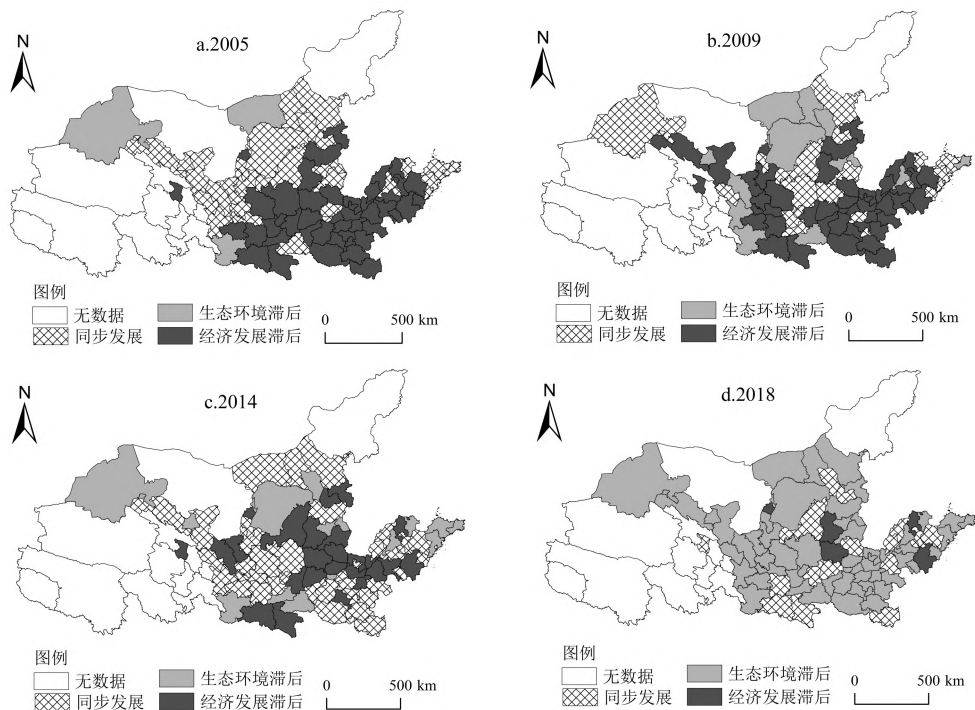


图4 2005—2018年黄河流域经济发展与生态环境相对发展度空间格局

Fig.4 The spatial pattern of relative development between economic development and ecological environment in the Yellow River Basin in 2005-2018

分年份来看,2005年黄河流域57.5%的地市处于经济发展滞后型,并且多分布于黄河中游的晋陕地区和黄河下游的河南、山东;同步发展型地市占黄河流域的37.80%,主要分布在黄河上游的甘肃、宁夏、内蒙古和山东半岛地区;生态环境滞后型地市最少,仅占据黄河流域的3.75%,分布在酒泉、陇南和巴彦淖尔三个城市。2009年经济发展滞后型地市数量与2005年保持一致,生态环境滞后型地市增长为17.50%,太原市、内蒙古呼包鄂地区、甘肃南部为经济超前型,同步发展型地市下降为25.00%,张掖、武威、延安等地由同步发展型地市转为经济滞后型。2014年经济发展滞后型地市下降为31.25%,山东、河南、甘肃3省大部分地市如张掖、武威、洛阳、南阳、潍坊等,由经济发展滞后型转为同步发展型;生态环境滞后型地市所占比例增长到21.25%,集中分布在以济南、青岛为双核心的山东半岛和内蒙古鄂尔多斯等地区。到2018年,黄河流域生态环境滞后型地市最多,比例为72.51%,说明随着新型城镇化建设及“一带一路”倡议的推进,黄河流域中心城市及城市群建设得以加快,但与此同时也为黄河流域原本就脆弱的生态环境带来极大的负面效应,导致生态环境相较经济发

展速度处于滞后水平,而经济发展滞后型和同步发展型地市仅零散分布在陕西北部与南部、山东省西北部等地。

3 结论与讨论

以黄河流域 91 个地市(州、盟)为研究单元,通过构建经济发展和生态环境耦合协调评价指标体系,并运用熵值法、耦合协调模型及地理探测模型对 2005—2018 年黄河流域经济发展与生态环境耦合协调度时空格局进行分析。得出以下结论:

(1)基于时序分析层面,2005—2018 年黄河流域经济发展与生态环境耦合度总体呈现平稳下降趋势,且长期处于颞颥阶段,表明两个系统之间的关系长期以对抗状态为主;协调度呈现显著的波动下降特征,两系统间的相互作用不断趋于恶化;相对发展度呈不断上升趋势,随着时间的推移总体为生态环境逐渐滞后于经济发展的状态。

(2)基于空间分析层面,黄河流域经济发展与生态环境的耦合度较低,大多数地区处于颞颥阶段,整体呈现由上游向中下游逐渐增强的空间格局;协调度呈现出由集中到分散、由整体到个别的空间格局,表现为以省会城市以及沿海城市为高值中心连片分布的格局,具有明显的空间差异性;大部分地市的相对发展度呈上升趋势,随着时间的推移,整体呈现由分散向集中、由个别到整体的空间形态。

黄河流域作为特殊的流域地理单元,其空间具有整体性、区段性和差异性等特征,各级市的子系统发展水平及耦合协调度较低,制约了流域的综合协调发展。根据黄河流域耦合协调度指数变化趋势研判,当前经济发展与生态环境处于颞颥阶段和濒临失调阶段,这一状态仍将持续一段时间,从而造成黄河流域经济与环境系统协调发展的复杂性和不确定性。因此,保持经济稳定发展和生态环境保护是黄河流域当前阶段需要协调的第一要务,同时,也要充分认识到,在实现流域跨越式增长过程中,探讨如何以生态环境为保障,针对长期以来以农业生产、能源开发为主的经济 development 方式与脆弱的生态环境不相适应的难题,探索出一条适合黄河流域协调发展之路,是当前新常态下调整区域整体经济结构、加强区域生态保护治理、奠定黄河流域生态屏障地位的重要目标。

参考文献(References):

- [1] BRADFORD D F, SCHLIECKERT R, SHORE S, et al. The Environmental Kuznets Curve: Exploring a fresh specification. Cesifo Working Paper, 2000.
- [2] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Economic growth and the environment. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [3] PANAYOTOU T. Environment Degradation at Different Stages of Economic Development Livelihoods in the Third World. London: Macmillan Press, 1995.
- [4] DINDA S. Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. Ecological Economics, 2004, 49(4): 431-455.
- [5] 赵兴国, 潘玉君, 赵波, 等. 区域资源环境与经济发展关系的时空分析. 地理科学进展, 2011, 30(6): 706-714. [ZHAO X, PAN Y, ZHAO B, et al. Temporal-spatial evolution of the relationship between resource-environment and economic development in China: A method based on decoupling. Progress in Geography, 2011, 30(6): 706-714.]
- [6] 侯增周. 山东省东营市生态环境与经济发展协调度评估. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(7): 157-161. [HOU Z. Evaluation of coordination degree between ecological environment and economic development of Dongying City. China Population, Research and Development, 2011, 21(7): 157-161.]
- [7] 谷国锋, 王雪辉. 东北地区经济发展与生态环境耦合关系时空分析. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2018(4): 154-160. [GU G, WANG X. Spatial and temporal analysis of relationship between economic development and ecological

- environment in Northeast China. *Journal of Northeast Normal University (Philosophy and Social Science)*, 2018(4): 154-160.]
- [8] 王辉, 郭玲玲, 宋丽. 辽宁省 14 市经济与环境协调度的时空演变研究. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(5): 35-40. [WANG H, GUO L, SONG L. Spatial evolution of the economic and environmental coordination degree for 14 cities in Liaoning Province. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(5): 35-40.]
- [9] 张国俊, 王珏晗, 吴坤津, 等. 中国三大城市群经济与环境协调度时空特征及影响因素. *地理研究*, 2020, 39(2): 272-288. [ZHANG G, WANG Y, WU K, et al. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of coordination between economic and environmental development of three major urban agglomerations in China. *Geographical Research*, 2020, 39(2): 272-288.]
- [10] 刘承良, 段德忠, 余瑞林, 等. 武汉城市圈社会经济与资源环境系统耦合作用的时空结构. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(5): 145-152. [LIU C, DUAN D, YU R, et al. Spatio-temporal structure of coupling of the economy-resources-environment system in Wuhan Metropolitan Area. *China Population, Research and Development*, 2014, 24(5): 145-152.]
- [11] 李敏纳, 蔡舒, 覃成林. 黄河流域经济空间分异态势分析. *经济地理*, 2011, 31(3): 379-383. [LI M, CAI S, QU C. An analysis of situation of economic spatial dissimilarity in the Yellow River Valley. *Economic Geography*, 2011, 31(3): 379-383.]
- [12] 韩增林, 赵启行, 赵东霞, 等. 2000—2015 年东北地区县域人口与经济耦合协调演变及空间差异——以辽宁省为例. *地理研究*, 2019, 38(12): 3025-3037. [HAN Z, ZHAO Q, ZHAO D, et al. Population and economic coupling coordinated evolution and spatial differences at county level in Northeast China during 2000-2015: Taking Liaoning Province as an example. *Geographical Research*, 2019, 38(12): 3025-3037.]
- [13] 杨雅楠, 阿里木江·卡斯木. "一带一路"背景下新疆城镇交通优势度与区域经济发展水平的关系分析. *干旱区地理*, 2017, 40(3): 680-691. [YANG Y, ALIMUJIANG K. Relationship between regional transportation advantage and development of regional economy in Xinjiang under the background of the Belt and Road. *Arid Land Geography*, 2017, 40(3): 680-691.]
- [14] 刘新平, 孟梅. 土地持续利用与生态环境协调发展的耦合关系分析——以塔里木河流域为例. *干旱区地理*, 2011, 34(1): 173-178. [LIU X, MENG M. Sustainable land use and the coupling relation of ecological economic harmonious development: A case study of Tarim River Basin. *Arid Land Geography*, 2011, 34(1): 173-178.]
- [15] 范擎宇, 杨山, 胡信. 耦合视角下长三角地区城镇化协调度的时空特征及交互机制. *地理研究*, 2020, 39(2): 289-302. [FAN Q, YANG S, HU X. Temporal and spatial characteristics and interaction process of urbanization coordination in the Yangtze River Delta region from the perspective of coupling. *Geographical Research*, 2020, 39(2): 289-302.]
- [16] 姚丽, 谷国锋, 芦杰, 等. 中国经济空间一体化与生态环境耦合格局及区域差异分析. *世界地理研究*, 2014, 23(1): 111-121. [YAO L, GU G, LU J, et al. Spatial pattern and regional disparity of regional economic integration and ecology-environmental stress in China. *World Regional Studies*, 2014, 23(1): 111-121.]
- [17] 焦华富, 杨显明. 煤炭资源型城市产业结构演替与空间形态演变耦合——以安徽省淮南市为例. *地理学报*, 2016, 71(6): 998-1009. [JIAO H, YANG X. Relationship between industrial structure evolution and urban spatial form succession of the coal resource-based cities: A case study of Huainan City. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(6): 998-1009.]
- [18] 董文静, 王昌森, 张震. 山东省乡村振兴与乡村旅游时空耦合研究. *地理科学*, 2020, 40(4): 628-636. [DONG W, WANG C, ZHANG Z. The space-time coupling between rural revitalization strategy and rural tourism development in Shandong Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(4): 628-636.]
- [19] 李雪铭, 郭玉洁, 田深圳, 等. 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究. *地理科学*, 2019, 39(8): 1208-1218. [LI X, GUO Y, TIAN S, et al. The spatio-temporal pattern evolution and driving force of the coupling coordination degree of urban human settlements system in Liaoning Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(8): 1208-1218.]
- [20] 唐永超, 王成新, 王瑞莉, 等. 基于精明发展的城市扩张与土地利用效益的耦合研究——以济南市主城区为例. *人文地理*, 2020, 35(4): 91-98. [TANG Y, WANG C, WANG R, et al. Coupling research on urban expansion and land use efficiency based on smart development: A case of Jinan's core area. *Human Geography*, 2020, 35(4): 91-98.]
- [21] 姜海宁, 张文忠, 余建辉, 等. 山西资源型城市创新环境与产业结构转型空间耦合. *自然资源学报*, 2020, 35(2): 269-283. [JIANG H, ZHANG W, YU J, et al. Spatial coupling of innovative milieu and industrial structure transformation of resource-based cities in Shanxi Province. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(2): 269-283.]

The spatial and temporal pattern of coupling and coordination between economic development and ecological environment in the Yellow River Basin

XUE Mingyue

(Center of Theory Study of Socialism with Chinese Characteristics, Party School of Shaanxi Provincial Committee of C. P. C (Shaanxi Academy of Governance), Xi 'an 710061, China)

Abstract: Ecological environment is the foundation of economic development. Coordinated development of economic development and ecological environment in the Yellow River Basin is the premise to promote its' ecological protection and high-quality development. This paper took 91 cities of the Yellow River basin as the research unit, constructed economic development and ecological environment coupling coordination evaluation index system, used entropy method and coupling coordination model to analyse the spatial and temporal pattern of coupling coordination between economic development and ecological environment in the Yellow River Basin from 2005 to 2018. The results show that: (1)From the perspective of timing analysis, the coupling degree between economic development and ecological environment in the Yellow River Basin presents a trend of slight fluctuation and decline, with a low level of coupling and a long-time opponent of moderate coupling. Overall, the degree of coordination fluctuates and declines, mainly from the stage of near disorder to the stage of mild disorder, and the level of coordination needs to be improved. As a whole, the relative degree of development fluctuates greatly, which is manifested as that the ecological environment gradually lags behind the economic development as time goes by. (2)From the perspective of spatial analysis, the coupling degree presents a spatial pattern gradually increasing from the upstream to the middle and downstream, and the coordination degree presents a pattern of continuous distribution with provincial capitals and coastal cities as the high-value centers, showing obvious spatial differences. With the passing of time, the relative development degree presents a spatial pattern from dispersion to concentration, from individual to whole.

Key words: economic development; ecological environment; coupling and coordination; Yellow River Basin