

【区域协调发展】

# 黄河流域生态保护与经济高质量发展 耦合协调度及空间网络效应\*

石涛

**摘要:**基于2010—2017年黄河流域39个地市的面板数据,运用社会网络分析法研究经济生态耦合协调联动效应的总体关联性和联动网络结构特征,以及空间网络结构特征对个体城市耦合协调水平的影响,结果发现,总体上,样本考察期间黄河流域经济生态耦合协调系数稳中有降,呈现集中均匀向相对分散的空间分布格局;黄河流域经济生态耦合协调的空间网络呈现“无标度”和“小世界”特征,空间关联存在异质性、脆弱性及密度的趋同性,联动效应显著。因此,需要加快顶层设计,制定灵活性强、科学性高的差异化经济生态协调政策,构建层次分明的政策协调机制,不断提升黄河流域经济高质量与生态环境保护的协调发展水平。

**关键词:**经济高质量发展;耦合协调系数;时空差异

**中图分类号:**F062.2 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5766(2020)03-0025-10 **收稿日期:**2020-03-07

**\*基金项目:**国家社会科学基金专项课题“健全国家金融安全体系研究”(18VSI036);河南省马克思主义工程项目“普惠金融助力乡村振兴的河南路径探索”(2019MGC08);教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“中国特色发展经济学理论体系研究”(15JJD790023)。

**作者简介:**石涛,男,河南省社会科学院助理研究员(郑州 450002),中共中央党校(国家行政学院)博士生(北京 100091)。

## 一、引言

黄河流域是中国重要的生态屏障和经济地带。然而,多年来,以农业生产、能源开发为主的经济社会发展方式与黄河流域资源环境特点和承载能力不匹配,兰州市自来水苯超标(2014)、栾川溢流井坍塌(2017)等环境事件相继发生,经济发展滞后、局部环境污染、生态潜在危险高成为黄河流域面临的三大问题,实现黄河流域经济发展与生态环境之间的高效联动发展十分紧迫。2020年1月,中央财经委员会第六次会议明确提出要坚持统筹谋划、协同推进,立足于全流域和生态系统的整体性,

共同抓好大保护、协同推进大治理,为黄河流域经济高质量发展与生态环境保护协调发展,提供了有利机遇。在此背景下,系统研究黄河流域经济高质量发展和生态环境保护的耦合协调性及空间网络关联,对打造黄河生态经济带具有十分重要的现实意义。

当前,学者们围绕经济高质量发展内涵进行了较为翔实的研究(高培勇等,2019),并从多个角度测算了中国经济高质量发展指数(魏敏、李书昊,2018;马茹等,2019)。同时,学者们探讨了城市化(梁龙武等,2019)、海洋生态环境(贾立斌、吴伟宏、袁国华,2019)、经济增长质量(李强、韦薇,2020)等要素对生态环境保护的影响。但是,围绕黄河流域

经济高质量发展与生态环境保护之间关系的研究较少(陈耀等,2020)。部分学者提出水资源供需矛盾、水沙空间分布不均衡、环境污染风险和跨区域综合管控机制的缺乏等加大了黄河流域高质量发展与生态环境保护的难度(郭晗,2020)。推动黄河流域保护和高质量发展,要处理好“四大关系”,建立长效机制和体系,构建“三区七群”协调发展格局,加强重点生态功能区保护,强化以水为核心的基础设施体系建设(金凤君,2019)。此外,少数学者测算了新型城镇化与生态环境的耦合协调度,认为黄河流域新型城镇化与生态环境的协调度均值处于0.20—0.60之间,整体处于低度协调和中度协调阶段(赵建吉等,2020),已有文献均为本文的研究提供了有益参考。

现有研究围绕经济高质量发展以及生态环境保护取得一定进展,但是存在两个方面的不足:一是缺少对黄河流域经济高质量发展与生态环境保护之间关系,尤其是二者耦合协调程度的测算,难以科学反映黄河流域经济高质量发展与生态环境保护的基本事实。二是缺乏从空间角度,系统分析黄河流域经济高质量发展与生态环境保护耦合协调的空间网络关系,尤其是空间网络结构,难以找

出协调发展的作用力点。由此,本文将基于2010—2017年黄河流域39个地市的面板数据,测算经济高质量发展与生态环境保护的耦合协调系数,并利用社会网络分析黄河流域城市间空间网络结构及联动效应,以期客观反映黄河流域经济高质量发展与生态环境保护的客观现实,找准高效协调发展的着力点。

## 二、研究设计与数据来源

当前,影响黄河流域经济高质量发展与生态环境保护耦合协调的要素较多,本文将在现有研究的基础上,系统构建评价指标体系,选择熵值法及耦合协调系数作为评估方法,社会网络分析法分析相关空间效应,以求客观、科学地反映黄河流域经济高质量发展与生态环境保护耦合协调水平。

### 1.黄河流域经济高质量发展和生态环境保护评价指标体系构建

现有的经济高质量发展评价,主要围绕创新、协调、绿色、开放、共享五个方面构建指标体系(参见表1);针对生态环境主要围绕环境压力及环境状态等方面进行评价,鲜有针对生态环境保护方面的

表1 黄河流域经济高质量发展和生态保护综合评价指标体系

一级指标	二级指标	变量	方向
经济高质量发展	创新发展	科技支出占财政支出比重	+
		协调发展	收入差距
	城乡收入差距		+
	产业结构合理化		+
	绿色发展	建成区绿化覆盖率	+
		人均公园绿地面积	-
	开放发展	实际利用外商直接投资/GDP	+
		进出口贸易/GDP	+
		国际旅游人数	+
	共享发展	城镇登记失业率	+
城镇基本养老参保人数/常住人口		+	
城镇医疗参保人数/常住人口		-	
城镇基本失业参保人数/常住人口		+	
生态环境保护	污染综合治理能力	工业粉尘排放量	-
		工业废水排放量	-
		生活垃圾无害化处理率	+
		污水处理厂集中处理率	-
	水资源可持续能力	再生水生产能力	+
		重复利用率	+
人均日生活用水量	+		

指标体系设计。因此,借鉴已有研究成果,深刻把握黄河流域生态环境保护的实践实质,考虑黄河流域城市数据的可得性,系统构建了黄河流域经济高质量发展和生态环境保护综合评价指标体系,具体变量解释如表1所示。

经济高质量发展指标。经济高质量发展指标体系包括创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展及共享发展等五个方面。创新发展由科技支出占财政支出比重来表示,衡量黄河流域城市科技创新发展水平。协调发展由收入差距、城乡收入差距及产业差距表示,其中,收入差距由各地市人均GDP与黄河流域平均水平之比计算而得;城乡收入差距由农村居民与城镇居民收入之比计算而得;产业高级化由泰尔指数表示,具体计算公式为:

$$TL_i = \sum_{i=3}^3 (y_i / y) \ln[(y_i / l_i) / (Y / L)], Y, L \text{ 分别表示 GDP 及}$$

就业人数,  $y_i, l_i$  分别表示产业增加值以及相应就业人数,  $i$  表示产业,  $i=1, 2, 3$ 。绿色发展指标由建成区绿化覆盖率和人均公园绿地面积表示,衡量黄河流域城市绿色发展水平。开放发展分别由单位GDP实际外商投资水平、单位GDP贸易额以及国际旅游人数表示,衡量黄河流域城市对外开放发展水平。共享发展主要由养老、医疗及失业参保率以及失业率等表示,衡量黄河流域城市社会保障发展水平。

生态环境保护指标。生态环境保护主要包括污染综合治理能力和水资源可持续能力两个方面。污染综合治理能力由工业粉尘排放量、工业废水排放量、生活垃圾无害化处理率、污水处理厂集中处理率等表示,衡量黄河流域城市生活生产污染物综合治理的水平。水资源可持续能力由再生水生产能力、重复利用率及人均日生活用水量,衡量黄河流域城市生产生活水资源使用及再生能力。

### 2.综合指数及空间网络关系评价设计

第一,经济高质量发展与生态环境保护耦合协调度测算。

相对于层次分析法等评价方法,熵值法可以更加客观地评估指标综合水平(吕开宇、李春肖、张崇

尚,2016),基于熵值法测算黄河流域经济高质量发展综合指数  $HEC_i$  与生态环境保护综合指数  $EPC_i$ , 公式如下:

$$HEC_i = \sum_{j=1}^m w_j \times x_{ij} \text{ 或者 } EPC_i = \sum_{j=1}^m w_j \times x_{ij} \quad (1)$$

式(1)中,  $w_j$  表示不同样本的权重,指标  $x_{ij}$  表示相应的标准化指标,计算如下:

$$\left. \begin{aligned} x'_i &= \frac{x_i - \min\{x_1, \dots, x_n\}}{\max\{x_1, \dots, x_n\} - \min\{x_1, \dots, x_n\}} \\ p_i &= (1 + x'_i) / \sum_{i=1}^n (1 + x'_i) \\ e_j &= -k \sum_{i=1}^n p_i \times \ln(p_i), k = 1 / \ln(n) \\ w_j &= d_j / \sum_j d_j, d_j = 1 - e_j \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式(2)中,  $x'_i$  表示标准化后的  $x_i$  值,负向标准化  $x_i$  只需将  $x'_i$  的分子变为  $(\max\{x_1, \dots, x_n\} - x_i)$ ,  $p_i$  表示样本指标权重,  $e_j$  是第  $j$  个指标的信息熵,  $d_j$  为第  $j$  个指标的效用值,  $n$  是样本数量,从而得到不同样本的权重  $w_j$ 。同时,参考魏金义和祁春节(2014)等学者关于经济生态耦合协调度的测算方法,得到经济高质量发展与生态保护评价指数的耦合系数  $C_i$ , 如下:

$$C_i = \left\{ \frac{HEC_i \times EPC_i}{\left( \frac{HEC_i + EPC_i}{2} \right)^2} \right\}^2 \quad (3)$$

式(3)中,  $C_i$  值越大,表明经济高质量发展与生态保护指标间的耦合程度越高。进一步地,为了更好地反映指标间的系统性、协调性,构建黄河流域经济高质量发展与生态保护耦合协调系数  $D_i$ , 如下:

$$D_i = \sqrt{C_i \times T_i}, \quad T_j = \alpha HEC_i + \beta EPC_i \quad (4)$$

式(4)中,  $\alpha$  和  $\beta$  分别表示经济高质量发展与生态保护重要性的权重指标,考虑到国家对黄河流域生态保护的政策力度,设定:  $\alpha = \beta = 0.5$ , 并将经济生

表2 经济发展与生态保护耦合协调度等级评价标准表

耦合协调度	$0.8 < d_i \leq 1$	$0.6 < d_i \leq 0.8$	$0.5 < d_i \leq 0.6$	$0.4 < d_i \leq 0.5$	$0.2 < d_i \leq 0.4$
等级	优质协调	中级协调	初级协调	基本失调	中度失调

态耦合协调度划分为四个等级,如表2所示。

第二,黄河流域经济生态耦合协调空间网络关

系评价。

空间关联关系的确定。相对VAR模型,引力模

型能够更好地刻画空间关联网络的时变趋势,参考已有学者的研究成果(李敬等,2014),同时考虑黄河流域经济发展和地理距离要素,有:

$$h_{ij} = r_{ij} \frac{\sqrt[3]{D_i \times P_i \times GDP_i} \sqrt[3]{D_j \times P_j \times GDP_j}}{\left(\frac{ds_{ij}}{agdp_i - agdp_j}\right)^2}, r_{ij} = \frac{D_i}{D_i + D_j} \quad (5)$$

式(5)中, $h_{ij}$ 表示黄河流域城市*i*和城市*j*的关系大小, $P$ 、 $GDP$ 、 $agdp$ 分别表示黄河流域城市年末常住人口数、GDP以及人均GDP, $ds_{ij}$ 表示城市*i*、*j*间的质点距离, $r_{ij}$ 表示城市间经济生态耦合协调关联中的贡献率。依据式(5)计算黄河流域不同城市经济生态耦合协调空间关联网络引力矩阵,将引力矩阵各行平均值作为临界值,引力高于临界值的标记为1,表示城市*i*对城市*j*经济生态耦合协调具有关联关系;反之取值为0,表示城市*i*对城市*j*无空间关联。

空间关联整体网络特征分析。参考沈丽、刘媛、李文君(2019)的设计,采用整体网络密度、网络关联度、网络直径及平均长度来测算黄河流域经济生态耦合协调联动网络的整体关联性。整体网络密度反映了经济生态耦合协调空间关联网络的紧密程度,网络密度越大,成员间的关联关系就越紧密,网络结构对黄河流域各城市经济生态耦合协调产生的影响就越大。网络关联度反映了黄河流域经济生态耦合协调空间关联网络自身的脆弱性和整体性,关联度高意味着地区之间存在直接关联路径,空间网络对该城市的依赖性高。此外,空间关联矩阵还利用网络直径及平均长度来反映关联关系程度。

网络个体中心性特征分析。依据社会网络分析法,采用度中心数、中间中心度以及接近中心度等网络中心指标分析黄河流域城市个体网络的中心特征。其中,度中心数反映网络中与城市*i*直接关联的城市数量,度中心数越高,表明与城市*i*关联的城市越多,城市*i*在网络中的中心地位越高。中间中心度反映城市*i*在多大程度上处于空间网络中的“中间”,发挥着中介和桥梁作用,中间中心度越高,表示城市*i*与空间网络中其他城市的互动性越强,越处于网络中心。接近中心度反映城市*i*在经济生态耦合协调空间网络中与其他城市的距离,接近中心度越高,表示城市*i*越接近网络中心。

空间关联网络模块分析。模块能够分析空间网络中不同角色,刻画经济生态耦合协调空间关联

网络的内部结构,找出不同板块之间的关系及联动方式。本文将经济生态耦合协调空间板块划分为:净溢入、净溢出、经纪人以及双向溢出等四种板块。一是净溢入板块。该板块的成员既接受来自其他板块成员的关系,同时,也接受来自板块内部成员的关系,但是接受板块外部的关系数明显多于此板块对外发出的关系数。二是净溢出板块。该板块对其他板块发出的关系数显著多于该板块接受其他板块的发出数。三是经纪人板块。该板块的成员既接受来自其他板块成员的关系,同时,也接受来自板块内部成员的关系,但是来自内部的关系少,起到中介和桥梁作用。四是双向溢出板块。该板块的成员既向内部发出关系又向外部板块发出关系,但来自板块内部的关系数较多。

### 3.数据来源

考虑数据的可得性以及国家关于高质量发展的政策时间,此处采用黄河流域8个省(区)39个地市的面板数据。研究时间范围为2010—2017年,文中所示数据均来自中国城市统计年鉴(2011—2018年)。同时,城市间距离由ArcGIS软件计算而得。

## 三、实证结果分析

基于黄河流域经济高质量发展与生态环境保护耦合协调系数测算结果,此处运用社会网络分析法从度中心、点中心等多维度分析黄河流域经济高质量发展与生态环境保护耦合协调的空间关联及区域联动效应。

### 1.黄河流域耦合协调度的分析

依据耦合协调度测算方法,分别计算了2010—2017年黄河流域39个地市经济高质量发展与生态保护的耦合协调系数,如表3所示。总体上,2010—2017年黄河流域39个地市经济生态耦合协调系数稳中有降,空间分布格局由集中均匀逐步转向相对分散分布。具体来看,2008年,黄河流域经济生态处于中级协调、初级协调的地市较多,其中,中级协调的地市集中分布于黄河中段,初级协调的地市集中分布于黄河下游;临汾、商洛等基本失调、中度失调的地市离散分布,处于黄河中游。2017年,经济生态耦合协调系数略有下降,处于中级协调、基本失调的范围有所缩小,初级协调、中度失调的范围逐步扩大,其中,初级协调范围扩大最大,中级协调

范围缩小最大;在空间分布上,各区域相对离散分布,其中,处于中级协调的地市多分布在鄂尔多斯、东营、济南等黄河中游及下游地区,初级协调多分布在洛阳、焦作等黄河中下游地区,基本失调多分布在新乡、泰安等黄河中下游地区,中度失调多处于宝鸡、咸阳等黄河上游地区。

表3 2010—2017年黄河流域样本地市生态保护与经济高质量发展耦合协调系数

年份 地市	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
太原	0.737	0.796	0.776	0.774	0.759	0.809	0.767	0.771
晋城	0.538	0.536	0.554	0.594	0.572	0.594	0.550	0.534
晋中	0.465	0.465	0.444	0.482	0.452	0.488	0.447	0.432
朔州	0.423	0.399	0.426	0.440	0.419	0.437	0.413	0.409
临汾	0.360	0.367	0.366	0.354	0.384	0.377	0.374	0.395
忻州	0.327	0.330	0.303	0.328	0.359	0.334	0.361	0.316
乌海	0.694	0.712	0.696	0.718	0.689	0.722	0.713	0.712
呼和浩特	0.684	0.660	0.644	0.628	0.628	0.668	0.651	0.681
鄂尔多斯	0.721	0.726	0.707	0.666	0.647	0.657	0.651	0.673
包头	0.716	0.703	0.689	0.660	0.629	0.668	0.650	0.664
东营	0.608	0.634	0.634	0.661	0.684	0.662	0.652	0.684
济南	0.708	0.718	0.675	0.669	0.623	0.689	0.686	0.676
淄博	0.674	0.715	0.687	0.723	0.694	0.705	0.675	0.674
滨州	0.560	0.584	0.621	0.612	0.634	0.605	0.568	0.574
泰安	0.512	0.481	0.462	0.476	0.569	0.509	0.481	0.491
济宁	0.578	0.552	0.517	0.485	0.501	0.520	0.454	0.445
德州	0.383	0.380	0.337	0.400	0.600	0.480	0.431	0.398
聊城	0.454	0.455	0.346	0.354	0.424	0.355	0.295	0.320
菏泽	0.390	0.366	0.335	0.269	0.319	0.309	0.252	0.233
郑州	0.671	0.685	0.722	0.740	0.695	0.767	0.764	0.754
洛阳	0.617	0.604	0.610	0.599	0.579	0.619	0.596	0.584
三门峡	0.631	0.601	0.612	0.617	0.598	0.601	0.573	0.543
鹤壁	0.608	0.581	0.612	0.605	0.591	0.596	0.555	0.535
焦作	0.608	0.604	0.619	0.615	0.573	0.588	0.540	0.521
新乡	0.557	0.520	0.505	0.575	0.520	0.478	0.476	0.476
濮阳	0.389	0.314	0.318	0.388	0.363	0.417	0.393	0.428
安阳	0.512	0.456	0.392	0.406	0.372	0.457	0.416	0.393
开封	0.404	0.370	0.359	0.357	0.395	0.460	0.403	0.335
西安	0.748	0.766	0.724	0.712	0.700	0.783	0.773	0.775
铜川	0.553	0.502	0.595	0.432	0.441	0.504	0.456	0.493
榆林	0.301	0.249	0.353	0.388	0.449	0.419	0.430	0.448
宝鸡	0.431	0.376	0.388	0.399	0.374	0.491	0.438	0.389
延安	0.292	0.273	0.319	0.423	0.533	0.365	0.365	0.384
咸阳	0.347	0.322	0.332	0.300	0.291	0.343	0.333	0.355
渭南	0.282	0.259	0.250	0.232	0.241	0.283	0.269	0.324
商洛	0.468	0.446	0.286	0.428	0.246	0.262	0.218	0.194
银川	0.693	0.704	0.712	0.712	0.705	0.736	0.738	0.743
兰州	0.530	0.501	0.532	0.598	0.545	0.604	0.585	0.577
西宁	0.504	0.440	0.484	0.470	0.472	0.469	0.523	0.555

数据来源:根据中国城市统计年鉴(2011—2018年)计算得到。

2.黄河流域经济生态

耦合协调联动效应分析

第一,整体网络结构特征及动态演变。

图1是运用UCINET可视化工具Netdraw绘制的黄河流域经济生态耦合协调的有向图(以2017年为例),可以发现,黄河流域各城市之间的经济生态耦合协调无孤立点,呈现出典型的网络结构。同时,黄河流域经济生态耦

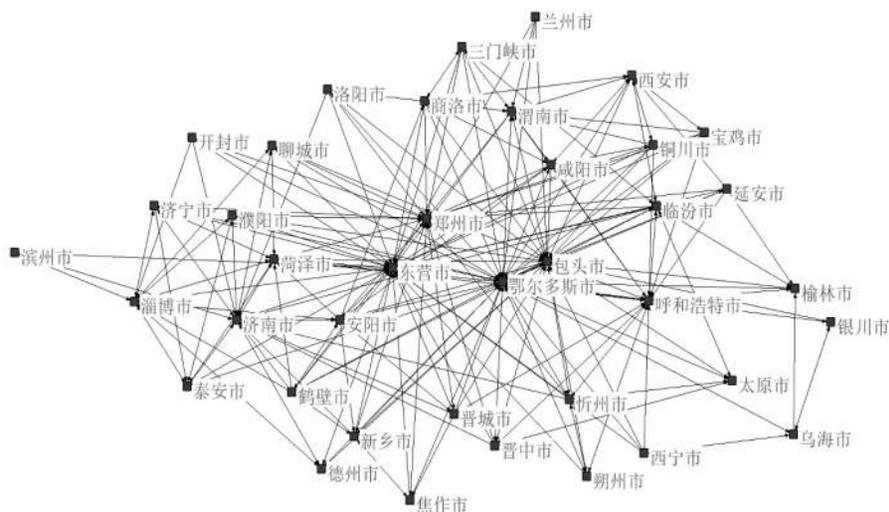


图1 黄河流域经济生态耦合协调空间关联网络图(2017)

合协调的空间网络呈现“无标度特征”<sup>①</sup>。图1中,经济生态耦合协调的空间关联网络中,大多数城市只有少数空间连接,少数城市有较多连接,空间网络存在明显的异质性。这种特征使得黄河流域城市间经济生态耦合协调的关联性较低,只有外部冲击对部分关联性较高的城市产生较大影响时,才会对整个黄河流域产生影响,关于经济生态协调的空间网络具有一定的脆弱性。

进一步地,表4给出了黄河流域经济生态耦合协调空间关联网络的总体特征。一是黄河流域经济生态耦合协调的空间网络存在“小世界现象”<sup>②</sup>。黄河流域城市间经济生态耦合协调空间关联网络直径均为5,平均网络长度最大值为2.073,均低于网络城市数量(39个)。二是黄河流域城市间经济生态耦合协调存在明显的空间关联及联动效应。因为由表4可以看出,在考察期间内,样本的网络关联度始终大于0.9。进一步地,2010—2017年,黄河流域经济生态耦合协调的空间关联数稳中有升,与

表4 黄河流域经济生态耦合协调空间关联网络整体网络结构特征

年份	直径	平均路径长度	关系数	平均关系数	网络密度	关联度
2010	5	2.067	290	7.436	0.196	0.923
2011	5	2.050	294	7.538	0.190	0.923
2012	5	2.066	300	7.692	0.202	0.949
2013	5	2.047	288	7.385	0.194	0.923
2014	5	2.070	290	7.436	0.196	0.949
2015	5	2.073	266	6.821	0.179	0.949
2016	5	2.073	266	6.821	0.179	0.949
2017	5	2.072	268	6.872	0.181	0.949

之对应,经济生态耦合协调的空间密度也保持趋同的发展态势,表明黄河流域经济生态耦合协调的空间关联关系较为稳定。三是黄河流域城市间经济生态耦合协调具有较大提升空间。表4中,2014年之前黄河流域经济生态耦合协调的空间关联数及网络密度均保持了稳中有降的趋势,2014年之后两个指标均同步上升,表明2014年之后黄河流域经济生态耦合协调的空间关联性逐步增强。这可能与2013年以来,国务院、发改委等政府部门发布的《黄河流域综合规划(2012—2030年)》《青海三江源生态保护和建设二期工程规划》等政策文件有关。同时,考察期间内样本的网络密度仍处于较低水平,实际关系数为268个(2017),与最大值1482个(39×38)仍有较大差距,表明黄河流域城市间经济生态耦合协调的空间关联存在较大提升空间。

第二,中心性分析。

参考现有研究,本部分将通过度中心数、中间中心度及接近中心度三个中心指标分析黄河流域39个地市在空间网络中的地位和作用,表5报告了2017年的测算结果。

一是度中心数。表5中,黄河流域39个地市的度中心数均值为27.935,有12个城市参数值高于均值,说明此类城市在经济生态耦合协调空间网络中与其他城市有较多关系数。其中,鄂尔多斯、包头、东营等地度中心数超过80%,这3个地市与黄河流域其余36个地市存在经济生态耦合协调联动效应,表明这些城市处于黄河流域经济生态耦合协调联动中心。同时,度中心数高于均值的12个地市多位于黄河流域的中下游地区,表明黄河中下游地区对

黄河流域经济生态耦合协调的空间关联关系及联动效应具有较强的影响力。低于度中心数均值的其余27个地市主要分布于黄河中上游地区,说明此类地市在经济生态耦合协调空间网络中与其他地

市的关系系数少。原因在于,黄河中上游的城市社会经济发展程度相对偏低,多处于黄土高原等生态环境相对较差的地带,从而导致其经济生态耦合协调与黄河流域内其他城市间的空间关联性偏弱。进

表5 2017年黄河流域经济生态耦合协调空间关联网络整体网络结构特征

城市	点出	点入	度中心数	排序	中间中心度	排序	接近中心度	排序
太原	7	6	18.421	27	0.103	34	55.072	27
晋城	11	1	28.947	10	0.408	16	58.462	10
朔州	5	5	15.789	33	0.09	36	54.286	33
忻州	7	5	18.421	29	0.175	27	55.072	29
晋中	9	4	23.684	17	0.671	12	56.716	17
临汾	9	7	28.947	11	0.924	10	58.462	11
鄂尔多斯	13	34	89.474	1	21.671	1	88.372	1
呼和浩特	8	16	44.737	4	2.981	4	63.333	4
包头	15	28	84.211	2	15.618	3	84.444	2
乌海	2	4	10.526	37	0.131	30	50.667	37
济南	9	16	42.105	5	2.853	5	61.29	7
淄博	9	13	34.211	9	1.732	7	58.462	9
济宁	7	4	18.421	25	0.178	26	55.072	25
泰安	5	6	18.421	28	0.123	33	55.072	28
聊城	6	6	18.421	26	0.156	28	55.072	26
菏泽	9	13	36.842	8	1.203	9	61.29	8
德州	4	4	13.158	34	0.142	29	53.521	34
滨州	3	3	7.895	38	0.011	39	47.5	39
东营	8	32	84.211	3	19.791	2	84.444	3
郑州	9	14	42.105	6	1.498	8	63.333	5
开封	7	4	23.684	18	0.396	17	56.716	18
洛阳	9	2	23.684	19	0.424	15	56.716	19
安阳	13	7	39.474	7	1.865	6	62.295	6
濮阳	9	4	26.316	14	0.573	14	57.576	14
新乡	7	6	26.316	15	0.314	18	57.576	15
焦作	8	3	21.053	20	0.09	35	55.882	20
鹤壁	10	1	26.316	13	0.242	24	57.576	13
三门峡	6	2	15.789	32	0.089	37	54.286	32
西安	7	6	21.053	23	0.255	22	55.882	23
铜川	8	0	21.053	22	0.201	25	55.882	22
宝鸡	6	1	15.789	31	0.13	31	54.286	31
咸阳	6	4	21.053	24	0.289	19	55.882	24
渭南	9	7	28.947	12	0.689	11	58.462	12
商洛	7	4	21.053	21	0.248	23	55.882	21
延安	6	4	18.421	30	0.129	32	55.072	30
榆林	2	10	26.316	16	0.662	13	56.716	16
兰州	5	0	13.158	35	0.287	20	53.521	35
西宁	5	0	13.158	36	0.287	21	53.521	36
银川	3	2	7.895	39	0.036	38	48.718	38
均值	7	7	27.935	20.000	1.991	20.000	58.523	20.000

数据来源:根据中国统计年鉴(2011—2018年)计算得到。

一步地,分析黄河流域城市间的点出及点入数。表5中,黄河流域39个样本地市点出度及点入度均值均为7,其中,点出度超过均值的城市有18个,表明此类城市对黄河流域内其他城市具有较强的联动溢出效应;点入度超过均值的城市有9个,鄂尔多斯、东营、包头、济南、呼和浩特、郑州、菏泽、淄博、榆林等城市的点入度高于自身点出数,此类城市多分布于省会等经济发达地区,生态环境压力大,但环境治理水平相对偏弱,从而对黄河流域内其他城市的经济生态耦合协调度存在一定依赖性,其他城市在经济生态上向这些城市集中输出。

二是中间中心度。表5中,黄河流域39个地市的中间中心度均值为1.991,有5个城市参数值高于均值,说明此类城市在经济生态耦合协调空间网络中控制其他城市之间经济生态耦合协调空间的能力较强。其中,鄂尔多斯、东营、包头等区域经济相对发达地区的中介中心度超过15,远高于其他城市,表明这些城市在黄河流域经济生态耦合协调空间关联网络中不仅处于中心地位,还发挥了中介和桥梁的作用。此外,中间中心度低于均值且值较低的城市主要分布在乌海、宝鸡等人口少、生态资源差、经济相对靠后的地区,难以在空间网络中起到支配和控制的作用。

三是接近中心度。表5中,黄河流域39个地市的接近中心度均值为58.523,有8个地市参数值高于均值,说明此类城市在经济生态耦合协调空间网络中能够更好地与其他城市产生内在连接,在空间网络中发挥中心行动者的作用。值得注意的是,上述接近中心度高于均值的8个地市,与度中心数的空间分布相似,多位于黄河流域经济相对发展程度较高的地区,是黄河流域经济高质量增长、生态保护的重要力量,发挥着内外联动的作用。

### 第三,块模型分析。

采用CONCOR方法,选择最大分割深度为2,集中标准为2,对黄河流域39个地市进行分区,结果

如表6所示。其中,第一板块包括安阳、濮阳、济宁、滨州、德州、新乡、泰安、菏泽、鹤壁、晋城、洛阳、开封、焦作及聊城等14个城市,主要分布在黄河中下游地区;第二板块包括东营、淄博、郑州及济南等4个城市,主要分布在黄河中游及下游地区;第三板块包括鄂尔多斯、呼和浩特、包头、榆林、太原及乌海等6个城市,主要分布在黄河中上游地区;第四板块包括三门峡、兰州、商洛、朔州、铜川、宝鸡、西宁、咸阳、忻州、晋中、延安、银川、渭南、临汾及西安等15个城市,主要分布在黄河上游及中游地区。

进一步地,分析不同板块在经济生态耦合协调空间关联网络中的位置。依据表6所示,在经济生态耦合协调的整体关联网络中存在268个关联关系,板块内部之间关联数为67个,板块间的关系数为201个,表明板块之间的经济生态耦合协调存在明显的空间关联和溢出效应。其中,板块1发出关系数为54,其中,17个关系发至板块内部,37个关系发出板块外部,接受板块外的关系67个;期望内部关系和实际内部关系的比例分别为34.21%、31.48%,该板块成员向其他板块发出的关系数明显多于向板块内部发出的关系数,且接受外来关系数高于发出关系数,因此,板块1属于净溢入板块。板块2发出关系数为79,其中,4个关系发至板块内部,接受板块外的关系31个;期望内部关系和实际内部关系的比例分别为7.89%、5.06%。该板块内部联动偏弱,自身既接受其他板块的经济生态耦合协调的联动效应,又对其他板块产生溢出效应,是典型的经纪人板块,在黄河流域经济生态耦合协调关联网络中起到中介和桥梁的作用。板块3溢出关系数为83,其中,17个关系发至板块内部,接受板块外的关系28个;期望内部关系和实际内部关系的比例分别为13.16%、20.48%,该板块既受到板块内部城市的影响又受到板块外部城市的影响,但是板块对外发出关系数明显多于接受外部板块的关系数,是典型的净溢出板块。板块4溢出关系数为52,其中,29

表6 2017年黄河流域经济生态耦合协调空间关联板块的联动效应分析

耦合协调 板块	接受关系				板块成员 数目(个)	期望内部关系 比例(%)	实际内部关系 比例(%)	接受板块外 数目(个)	板块特征
	板块1	板块2	板块3	板块4					
板块1	17	47	19	1	14	34.21	31.48	67	净溢入板块
板块2	31	4	0	0	4	7.89	5.06	31	经纪人板块
板块3	6	0	17	22	6	13.16	20.48	28	净溢出板块
板块4	0	28	47	29	15	36.84	55.77	75	双向溢出板块

个关系发至板块内部,接受板块外的关系75个;期望内部关系和实际内部关系的比例分别为36.84%、55.77%,该板块既受到板块内部城市的影响又受到板块外部城市的影响,而来自板块内部成员的联系相对较多,因而,该板块是为双向溢出板块。

图2更直观地反映了四大板块间的关联关系。依图2所示,板块1和板块4之间不仅自身内部存在经济生态耦合协调的关联关系,同时还接受来自板块2和板块3的溢出,说明经济高质量发展程度偏低及生态环境保护效果相对偏弱的黄河上游及中游平地区,以及环境污染较为严重的黄河中下游地区经济高质量发展与生态保护之间的耦合协调性更低,更加需要其他地区发挥经济及生态保护上的联动效应。板块2和板块3是黄河流域经济高质量发展和生态环境保护耦合协调程度较高的地区,尤其是经济发展程度相对较高,能够对黄河流域上游、中游地区经济高质量发展与生态环境保护的深度融合提供产业和技术支撑,因而能够成为黄河流域经济生态耦合协调空间关联网络的纽带和支撑力。此外,还存在板块4对板块1、板块1对板块2的经济生态耦合协调的空间网络溢出,这表明,在黄河流域经济生态耦合协调关联网络中,各板块还

发挥出各自的比较优势,黄河流域各城市间在经济高质量发展与生态环境保护协调上的联动,更能够推进整个流域经济生态耦合协调程度的提高,实现经济高质量发展与生态环境保护的共融式发展。

#### 四、政策建议

结合上述研究和黄河流域经济及生态发展现实,为高效推进流域经济高质量发展与生态环境保护的协调发展,提出如下建议:

一是要加快黄河流域经济高质量发展与生态环境保护协调发展的顶层设计。充分认识黄河流域经济高质量发展与生态环境保护协调联动发展的空间关联关系和网络结构特征,立足黄河流域各城市生态环境保护的基本事实,加快出台与黄河流域经济生态高效协同发展相匹配的系统性、科学性的顶层设计,突出水土保护、水资源分配及保护以及废水废气排放等生态保护的统一谋划,建设黄河生态走廊、黄河经济走廊,提升黄河流域经济生态协同发展的整体性、联动性,促进流域经济生态高质量发展。

二是要依据经济生态耦合协调的空间网络特

征,制定灵活性高、科学性高的差异化经济生态协调政策。充分发挥经纪人板块以及双向溢出板块的桥梁作用,突出郑州、西安等国家中心城市在生态环境保护产业发展以及生态环境保护模式创新等方面的示范引领作用,以技术、人才、模式等方式强化优势的外向溢出,把准黄河流域经济高质量发展与生态环境保护协调发展的方向。同时,进一步通过高铁、丝绸之路等地理及经济便利,拉近黄河流域内滨州、乌海、西宁及三门峡等净溢出板块城市与中心城市之间的地理空

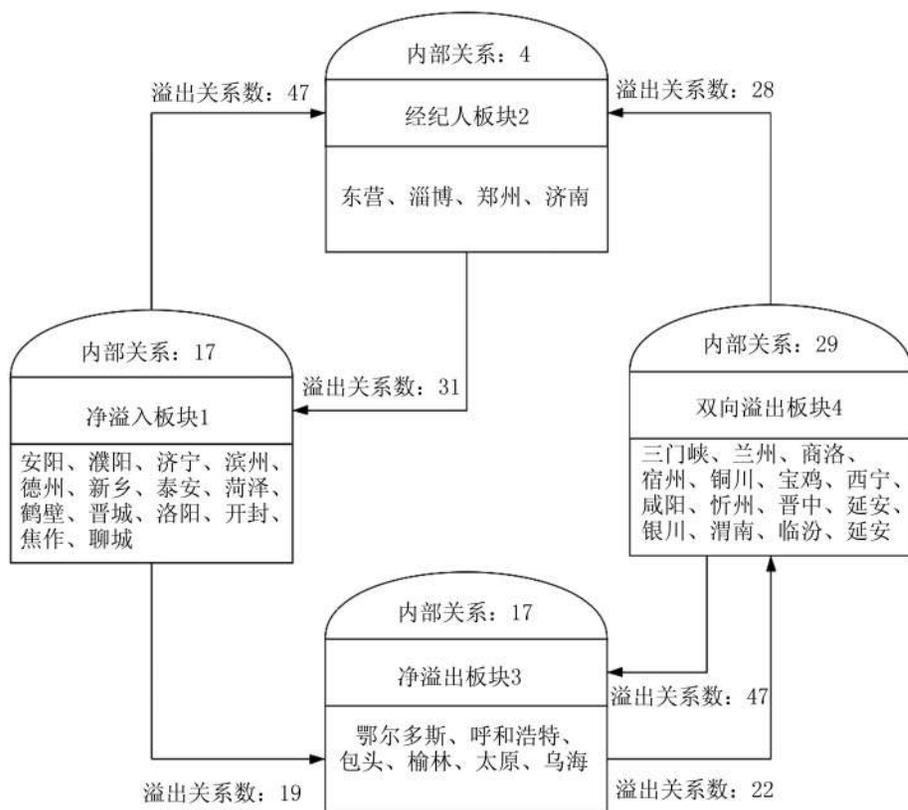


图2 2017年黄河流域经济生态耦合协调空间四大板块的关联关系

间联系,加大高端人才、前沿技术的引进力度,主动学习、探索创新,缩短与中心城市之间的距离。

三是要构建经济高质量发展与生态环境保护的流域协调机制。黄河流域经济生态协调发展存在城市间的空间强关联,这不仅是点对点的城市空间关联,同时也是不同省份之间面与面的复杂网络。因此,构建黄河流域省级联合会议制度,通过定期协调等方式系统解决黄河流域经济高质量发展与生态环境保护的核心问题,强化财政、生态环境、技术研发等部门之间围绕经济高质量发展与生态环境保护协调的联动,突出经济利益、生态利益之间的补偿协调;构建沿河城市间市长级联席会议,解决流域内经济生态协调发展的现实问题;构建黄河流域生态保护科技技术同盟,就水土保持、空气污染治理及相应产业发展进行互帮互学,发挥溢出效应。

#### 注释

①在网络理论中,网络的无标度特征(或者称为无尺度特征),表现为网络中的大部分节点只与少数点连接,极少数的节点与非常多的节点连接的特征。②小世界现象(又称小世界效应),是具有小的网络平均路径长度却有大的网络群聚系数的网络,最典型的代表就是网络出现“枢纽”(少数点与其他多点连接)现象。

#### 参考文献

[1]高培勇,杜创,刘霞辉,等.高质量发展背景下的现代化经

济体系建设:一个逻辑框架[J].经济研究,2019,54(4).  
 [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[J].数量经济技术经济研究,2018,35(11).  
 [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[J].中国软科学,2019(7).  
 [4]梁龙武,王振波,方创琳,等.京津冀城市群城市化与生态环境时空分异及协同发展格局[J].生态学报,2019,39(4).  
 [5]贾立斌,吴伟宏,袁国华.基于Mann-Kendall的中国近岸海域海洋生态环境承载力评价与预警[J].生态经济,2019,35(2).  
 [6]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(5).  
 [7]陈耀,张可云,陈晓东,等.黄河流域生态保护和高质量发展[J].区域经济评论,2020(1).  
 [8]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).  
 [9]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[J].资源科学,2020,42(1).  
 [10]吕开宇,李春肖,张崇尚.基于主成分分析法和熵值法的地区农业保险发展水平分析——来自2008—2013年中国省级层面的数据[J].农业技术经济,2016(3).  
 [11]魏金义,祁春节.农业技术进步与要素禀赋的耦合协调度测算[J].中国人口·资源与环境,2015,25(1).  
 [12]李敬,陈澍,万广华,等.中国区域经济增长的空间关联及其解释——基于网络分析方法[J].经济研究,2014,49(11).  
 [13]沈丽,刘媛,李文君.中国地方金融风险空间关联网络及区域传染效应:2009—2016[J].管理评论,2019,31(8).

## Spatial Correlation Network and Regional Connected Effect of Coupling Coordination Degree between Ecological Protection and High-quality Economic Development in the Yellow River Regions

Shi Tao

**Abstract:** Based on the panel data of 39 cities in the Yellow River Basin from 2010 to 2017, this paper uses the social network analysis method to study the overall relevance and linkage network structure characteristics of the coordination and linkage effect of economic and ecological coupling, as well as the impact of spatial network structure characteristics on the coupling and coordination level of individual cities, and conclude that the coordination coefficient of economic and ecological coupling in the Yellow River region decreased steadily during the period of sample investigation, and showed the spatial distribution pattern of centralization, uniformity and relative dispersion; the spatial network of economic and ecological coupling and coordination in the Yellow River region presents the characteristics of “scale-free” and “small world”, and the spatial correlation has heterogeneity, vulnerability and density convergence, with significant linkage effect. Therefore, it is necessary to speed up the top-level design, formulate flexible and scientific differentiated economic and ecological coordination policies, build a well-defined policy coordination mechanism, and continuously improve the coordinated development level of high-quality economy and ecological environment protection in the Yellow River region.

**Key Words:** High-quality Economic Development; the Coordinated Couple Rate; Regional Connected Effect

(责任编辑:文 锐)