

引用格式: 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): 159-171. [Zhao J J, Liu Y, Zhu Y K, et al. Spatiotemporal differentiation and influencing factors of the coupling and coordinated development of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 159-171.] DOI: 10.18402/resci.2020.01.16

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

赵建吉^{1,2}, 刘岩¹, 朱亚坤¹, 秦胜利¹, 王艳华^{1,2}, 苗长虹^{1,2}

(1. 河南大学黄河文明与可持续发展研究中心暨黄河文明协同创新中心, 开封 475001;
2. 河南大学环境与规划学院, 开封 475000)

摘要:以黄河流域作为研究对象,通过构建新型城镇化与生态环境的耦合协调模型,定量测度了2005—2016年黄河流域新型城镇化与生态环境耦合协调的时空格局,以及二者同步发展的状态;通过构建随机效应面板Tobit模型,对黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的影响因素进行研究。结果表明:①黄河流域新型城镇化及生态环境子系统,以及耦合协调度均呈现先上升后下降的趋势;②黄河流域新型城镇化与生态环境的耦合度均值在0.34~0.70之间,整体上处于拮抗阶段和磨合阶段。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;③黄河流域超过78%的地级市为生态滞后型城市,在新型城镇化快速推进背景下,生态环境的压力凸显;④经济发展水平、政府能力、科技投入等对于耦合协调度产生积极影响,对外开放程度、工业化水平对于黄河流域上游和中下游地区的耦合协调度产生不同的作用。在加快推进黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略背景下,摆脱区域发展的路径依赖对于推动新型城镇化与生态环境的耦合具有重要意义,黄河流域要针对上游和中下游地区采取差异化的策略来推动新型城镇化与生态环境耦合发展。

关键词:新型城镇化;生态环境;耦合协调;Tobit模型;黄河流域

DOI: 10.18402/resci.2020.01.16

1 引言

城镇化是一个国家(地区)实现工业化和现代化的必由之路^[1]。二次世界大战以来,伴随着全球经济的复苏和快速增长,大量人口开始由农村向城市转移,大大加速了全球城镇化的进程。根据联合国《2018年世界城市化趋势》,全球城市化率已经由1950年的24%提升至2018年的55%,北美洲地区甚至高达82%。中华人民共和国成立特别是改革开放以来,伴随着市场经济的快速发展,中国城市化水平飞速提升,由1949年的10.6%和1978年的17.9%,增长至2018年的59.6%,创造了全球城市化

快速推进的奇迹。与此同时,在快速城镇化过程中,往往伴随着大气、水、土壤重金属污染以及生态环境恶化等问题,给资源环境承载力带来巨大压力。在此背景下,城镇化与生态环境的交互耦合及协调发展,成为全球性的战略问题和科学难题,也成为地球系统科学与可持续性科学研究的热点与前沿^[2],引起了政府部门的广泛关注^[3-6]。未来地球计划(Future Earth)、联合国《2030年可持续发展议程》以及可持续性转型地理学^[7](Geography of Sustainability Transitions),都将城市化与生态环境的耦合作为主要议题,关注并强调城市化进程要与生态

收稿日期: 2019-12-11 修订日期: 2019-12-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(41601119); 教育部人文社科基金项目(15YJC790111; 19YJA790123)。

作者简介: 赵建吉,男,山东临沂人,博士,副教授,博士生导师,主要从事经济地理与区域发展研究。E-mail: zhaojianji@126.com

通讯作者: 王艳华,女,河南鹤壁人,博士,讲师,主要从事城镇化与区域规划研究。E-mail: wangyanhualady@126.com

环境协调发展、与资源环境承载力相适应。

学术界对于城镇化与生态环境耦合的研究,主要集中在城镇化与生态环境耦合的基础理论及变化规律、城镇化与生态环境耦合的评价及模拟等2个方面:①城镇化与生态环境耦合的基础理论及变化规律。西方国家城镇化进程较早并已经长期维持在较高水平,从欧文(Robert Owen)和霍华德(Ebenezer Howard)提出的田园城市,到“压力—状态—响应”模型^[8]、环境库兹涅茨曲线(EKC)^[9]、脱钩(Decoupling)理论^[10]的提出,均对城镇化进程与生态环境的相互作用关系进行了论述。在中国,1980年代马世骏等^[11]提出“社会—经济—自然”复合生态系统理论,对于城镇化与生态环境耦合的研究具有重要借鉴意义;2000年代,方创琳研究团队提出了城市化与生态环境交互耦合的作用机制^[12]、耦合系统遵循的基本定律^[13]、耦合系统演化的主要阶段^[14],极大地丰富和推进了该领域的理论研究;2010年代后期,学术界对城镇化与生态环境耦合的动态模拟模型优缺点以及主要应用进行了对比研究^[15],提出了城镇化与生态环境“耦合魔方”的概念、基本内涵、演化规律并构建了理论分析框架^[16],构建了特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合的理论框架及技术路径^[17],为城市化与生态环境耦合研究提供了新的理论支撑。②城镇化与生态环境耦合的评价及模拟研究。国外学者对美国、韩国、巴基斯坦等国家的城镇化与生态环境耦合进行了实证与案例研究,认为城镇化与生态环境之间存在着复杂的交互作用关系,并导致不同的发展结果^[18-20]。中国学者先后对全国及中部地区城镇化与生态环境耦合^[21-24]、福建^[25]、江苏^[26]、吉林^[27]、重庆^[28]等省(市)的城镇化与生态环境耦合,以及京津冀^[29,30]、长三角^[31]、珠三角^[32]、中原城市群^[33]的城镇化与生态环境耦合进行了实证研究。

总体而言,学术界围绕城镇化与生态环境耦合,开展了大量的理论与案例研究,但还存在以下不足:①从研究尺度看,大多基于全国或者省域尺度,近年来开始拓展到城市群,对于京津冀、长江经济带(长三角)、粤港澳大湾区(珠三角)、东北地区等中国区域发展的重大战略地区都有涉及,但是对

于黄河流域这一承载“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相对不足。②已有的实证研究多是对城镇化与生态环境耦合发展的水平进行测度与评价、对空间格局进行刻画与描述,而对于二者耦合发展的影响因素与作用机制的研究还较为薄弱。③不同区域城镇化与生态环境耦合的格局与特征的对比分析相对不足。基于此,本文以黄河流域为研究区域,研究黄河流域城镇化与生态环境耦合协调发展的格局,在此基础上构建随机效应面板Tobit模型,对耦合协调水平的影响因素进行分析。

2 研究区概况

2019年9月,在郑州召开的黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上,习近平总书记提出黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略。在该座谈会上谈到的黄河流域的空间范围,是黄河流经的青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等9个省(区)。但是,根据《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》(国发[2014]39号),四川省已经整体纳入长江经济带这一重大国家战略,且黄河在四川境内仅流经阿坝藏族羌族自治州和甘孜藏族自治州,这2个自治州人口和经济总量占黄河流域的0.7%和0.3%,对黄河流域经济社会发展格局的影响较弱。内蒙古的蒙东地区,虽然地理上位于黄河流域,但不是黄河自然流经地区和重要经济社会文化关联地区。无论从历史上还是经济、文化上,蒙东地区与东北的联系更为紧密,且已经纳入到《东北地区振兴规划》的空间范围。基于上述考虑,本文中的黄河流域包括青海、甘肃、宁夏、内蒙古(不含蒙东地区)、山西、陕西、河南、山东等省(区)。

黄河流域在全国经济发展格局中具有重要地位,以占全国27.3%的面积,承载了全国23.3%的人口和21.8%的经济总量,全社会固定资产投资和地方政府公共预算收入占全国的比重分别达到23.8%和17.8%。与此同时,黄河流域总体发展质量不高的问题也较为突出,除全社会固定资产投资这一指标外,GDP、人均GDP、财政收入、三次产业结构、城镇化率等,均滞后于人口占全国的比重(表1)。

2020年1月

表1 2017年黄河流域主要经济社会指标

Table 1 Main indicators of social and economic conditions in the Yellow River Basin, 2017

地区	面积 (万 km ²)	人口 (亿人)	GDP (亿元)	人均 GDP (万元)	三次产业 比重	城镇化率 (%)	全社会固定 资产投资(亿元)	地方财政公共 预算收入(亿元)
黄河流域	262.0	3.2	180182.4	5.6	7.8:45.4:46.8	55.7	152749.5	16266.0
全国	960.0	13.9	827121.7	6.0	7.9:40.5:51.6	58.5	641238.4	91469.4
黄河流域/全国(%)	27.3	23.3	21.8	93.3	—	95.2	23.8	17.8

3 研究方法和数据来源

3.1 指标体系构建

根据国家新型城镇化规划(2014—2020年),陆桥通道是我国“两横三纵”城镇化战略格局的重要组成部分。当前,黄河流域城镇化水平已经达到55.7%,仍处于快速增长期。但是,传统的城镇化发

展模式与生态环境、能源资源的矛盾日益凸显,推进新型城镇化成为黄河流域的必然选择。提升基本公共服务水平、构建基本公共服务体系、完善城市基础设施是“以人文本”新型城镇化的重要要求,借鉴学术界已有研究成果^[21,22,34,35],将新型城镇化分为城镇化水平、公共服务水平、基础设施水平(表2)

表2 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合协调度评价体系

Table 2 Evaluation index system of coupling and coordination between new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin

目标层(一级指标)	系统层(二级指标)	准则层(三级指标)	单位	指标功效	
新型城镇化	城镇化水平	常住人口城镇化率	%	+	
		城市建成区占比	%	+	
		二三产业就业人员占总就业人数的比重	%	+	
		人均社会消费品零售额	元/人	+	
		城镇登记失业率	%	-	
	公共服务水平	每千人口医疗卫生机构床位数	张/千人	+	
		每百人公共图书馆藏书	册/百人	+	
		城市用水普及率	%	+	
		社会保障支出占财政支出比重	%	+	
		教育支出占财政支出比重	%	+	
		基础设施水平	每万人拥有公共汽车	辆/万人	+
	人均城市道路面积		m ²	+	
	人均公园绿地面积		m ²	+	
	人均城市建成区面积		m ²	+	
	互联网宽带接入用户数		户	+	
	生态环境		生态环境水平	建成区绿化覆盖率	%
		人均耕地面积		hm ² /人	+
资源环境利用		单位土地生产总值		元/km ²	+
		单位 GDP 能耗	tce/万元	-	
		人均污水排放量	t/人	-	
		人均废气排放量	t/人	-	
		人均能源消费	tce/人	-	
		清洁能源(天然气)普及率	%	+	
		人均日生活用水量	升/日	-	
资源环境保护		生活垃圾无害化处理率	%	+	
		污水处理厂日处理能力	万 m ³ /日	+	
		污水处理厂集中处理率	%	+	
			固体废物综合利用率	%	+

3个系统层,把生态环境分为生态环境水平、资源环境利用、资源环境保护3个系统层,并以此构建二者耦合协调度的评价指标体系。并构建了 Spearman 相关系数矩阵,对可能存在的多重共线性问题进行检验。结果表明,各年份的指标均能通过共线性检验,该指标体系的构建及指标选取较为合理。

3.2 研究方法

为了科学测度与评价黄河流域新型城镇化与生态环境耦合协调时空格局,本文采用的研究方法 与数学模型主要有最小-最大标准化方法、熵权法、综合功效函数、耦合度模型、耦合协调度、相对发展模型等,具体计算公式及指标解释见表3。

3.3 数据来源

本文所用到的数据主要来源于2006—2017年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》黄河流域9省(区)及相关地级市的统计年鉴。其中,部分地级市的生活垃圾无害化处理率、污水处理厂日处理能力、人均能源消费等指标存在缺失,基于相邻年份的数据,采用插值法和灰色关联预测法进行了补齐。

4 黄河流域新型城镇化与生态环境的耦合协调分析

4.1 新型城镇化与生态环境耦合协调时序分析

根据耦合协调度的计算方法,分别计算了2005年以来黄河流域新型城镇化与生态环境的综合发展指数、耦合度和耦合协调度(表4、图1)。①从新型城镇化子系统综合发展指数来看,黄河流域新型城镇化子系统的发展水平呈先上升后下降的趋势:2005—2011年,新型城镇化子系统的发展水平总体呈现上升趋势,仅在2008年有所波动;2012—2016年有所下降,表明黄河流域新型城镇化在早期取得了较大进展,但近年来发展有所迟缓。②从生态环境子系统综合发展指数来看,黄河流域生态环境子系统的发展水平自2005—2006年快速上升,并在2006年取得最大值;其后虽在2008—2011年有所上升,但总体呈下降趋势;综合发展指数保持在0.1左右,表明生态环境在此阶段相对稳定,但生态环境的质量不断下降,生态系统在快速城镇化阶段承受压力不断增大。③从系统综合发展指数看,伴随着新型城镇化与生态环境子系统呈现先上升后下降

表3 研究方法及其指标

Table 3 Research methods and indicators

地理模型	计算公式	模型释义	意义
最小-最大标准化	$y_{ij} = (X_{ij} - X_{ij\min}) / (X_{ij\max} - X_{ij\min})$ 正指标 $y_{ij} = (X_{ij\max} - X_{ij}) / (X_{ij\max} - X_{ij\min})$ 逆指标	y_{ij} 为标准值; $X_{ij\max}$ 、 $X_{ij\min}$ 为系统 i 指标 j 的最大和最小值; X_{ij} 为系统 i 指标 j 的值	消除数据间屏蔽效应和量纲差异
熵权法求权重	$p_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^n y_{ij}$ $E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}$ $w_i = \frac{1 - E_i}{n - \sum E_i}$	w_i 为各指标权重; p_{ij} 为第 i 个城市 j 指标的比重; E_j 为 j 指标的信息熵	客观确定指标权重
综合发展指数	$U_1 = \sum_{i=1}^m w_i y_{ij}$ $U_2 = \sum_{i=1}^m w_i y_{ij}$	U_1 、 U_2 分别代表各子系统的综合功效; n 和 m 均为地级市的个数	获得子系统的综合效益
耦合度	$C = n \left[\frac{u_1 u_2 \cdots u_n}{\prod (u_i + u_j)} \right]^{\frac{1}{n}}$	C 为耦合度; u_i 、 u_j 、 u_n 分别表示第 i 、 j 、 n 个子系统的综合发展指数	$0 \leq C \leq 1$ 。 $C \leq 0.3$, 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
耦合协调度	$T = aU_1 + bU_2$ $D = \sqrt{C \times T}$	D 为协调度; T 为耦合协调发展水平指数; $a=b=0.5$	$0 \leq D \leq 1$ 。 $D \leq 0.3$, 低度协调; $0.3 < D \leq 0.5$ 中度协调; $0.5 < D \leq 0.8$, 高度协调; $0.8 < D \leq 1$, 高度协调
相对发展模型	$\beta = U_2 / U_1$	β 为相对发展度, U_1 、 U_2 为城镇化和生态环境综合发展指数	$0 < \beta \leq 0.9$, 生态环境滞后于城镇化, $0.9 < \beta \leq 1.1$, 二者同步发展, $\beta > 1.1$, 城镇化滞后于生态环境

2020年1月

表4 2005—2016年黄河流域新型城镇化与生态环境耦合协调指标

Table 4 The coupling and coordination index of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin, 2005-2016

年份	新型城镇化 指数(U_1)	生态环境 评价指数(U_2)	系统综合 发展指数(T)	耦合度(C)	耦合协调度(D)	耦合协调等级	耦合阶段
2005	0.1437	0.1134	0.2571	0.4879	0.3526	拮抗中度	拮抗
2006	0.1395	0.1226	0.2621	0.4930	0.3578	磨合中度	磨合
2007	0.1451	0.1149	0.2600	0.4937	0.3569	磨合中度	磨合
2008	0.1223	0.0924	0.2147	0.4464	0.3083	拮抗中度	拮抗
2009	0.1604	0.1057	0.2660	0.4918	0.3602	拮抗中度	拮抗
2010	0.1574	0.1155	0.2729	0.5032	0.3693	拮抗中度	拮抗
2011	0.1670	0.1161	0.2831	0.5117	0.3793	拮抗中度	拮抗
2012	0.1593	0.1042	0.2635	0.4895	0.3577	拮抗中度	拮抗
2013	0.1536	0.1025	0.2562	0.4832	0.3504	拮抗中度	拮抗
2014	0.1456	0.0987	0.2443	0.4722	0.3382	拮抗中度	拮抗
2015	0.1484	0.0894	0.2379	0.4605	0.3295	拮抗中度	拮抗
2016	0.1331	0.0714	0.2044	0.4192	0.2908	拮抗中度	拮抗

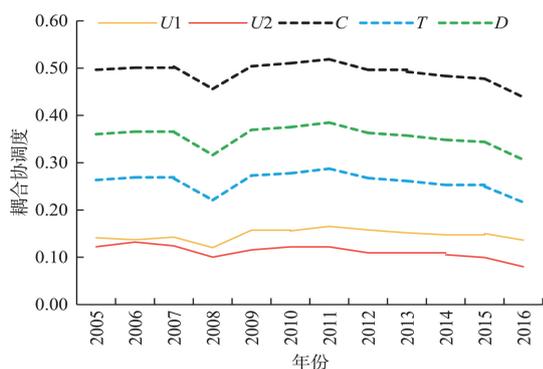


图1 新型城镇化与生态环境耦合协调度的时序特征

Figure 1 Temporal characteristics of coupling and coordination index between new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin

的趋势,系统综合指数也呈现波动下降的趋势。④从耦合度看,黄河流域新型城镇化与生态环境的耦合度在2005—2007年不断提升,从拮抗阶段迈向磨合阶段;2007—2016不断下降,又处于拮抗阶段;整体态势表明黄河流域新型城镇化与生态环境之间的关系基本以对抗状态为主。伴随着城镇化的不断推进,生态环境压力逐步增大,二者的耦合程度可能会继续下降。⑤从耦合协调度看,呈现“S”型波动下降曲线,2005—2008年先升后降,2009—2011年耦合协调度不断上升,自2011年达到最大值后开始下降,2016年达到最低,表明城镇化进程的快速推进对于生态环境带来的压力不断增大,使耦合协调度下降。

4.2 新型城镇化与生态环境耦合度空间分异

总体而言,黄河流域新型城镇化与生态环境耦合度呈现出先上升后下降的趋势,主要处在拮抗阶段和磨合阶段。分年度看,2005年、2008年、2011年、2015年新型城镇化与生态环境耦合度保持在0.35~0.70、0.34~0.65、0.40~0.70、0.35~0.67之间。2005年耦合度较高的地区主要分布在山东半岛、内蒙古的鄂尔多斯、宁夏以及河西走廊等地(图2);各省省会城市和周边地区耦合度也较高,进入了磨合阶段;河南省、山西省和陕西省等省份的部分地级市,因资源利用粗放导致耦合度较低,尚处于拮抗阶段。耦合度在2005—2011年整体处于上升趋势,但2008年耦合度明显下降,耦合度值高的地区大部分集中在各省省会城市及部分周边地区,大多数地级市都处在磨合阶段。2011年是耦合度值最高的年份,一些城市也进入磨合阶段,主要集中在陕甘宁地区如吴忠、固原、白银、榆林、宝鸡等城市,河南省郑州周边的许昌、焦作等城市,山东省西部的聊城市和济宁市。值得关注的是,在黄河流域各城市耦合度最高的年份,山西省仍只有省会太原市进入了磨合阶段,其余地级市仍处在拮抗阶段,说明山西省在新型城镇化进程中对生态环境施加的压力增大,产业结构调整与转型升级任重道远,故而处于拮抗阶段。2011—2016年,山东省的临沂、泰安和德州等城市,内蒙古自治区的呼和浩特、鄂尔多

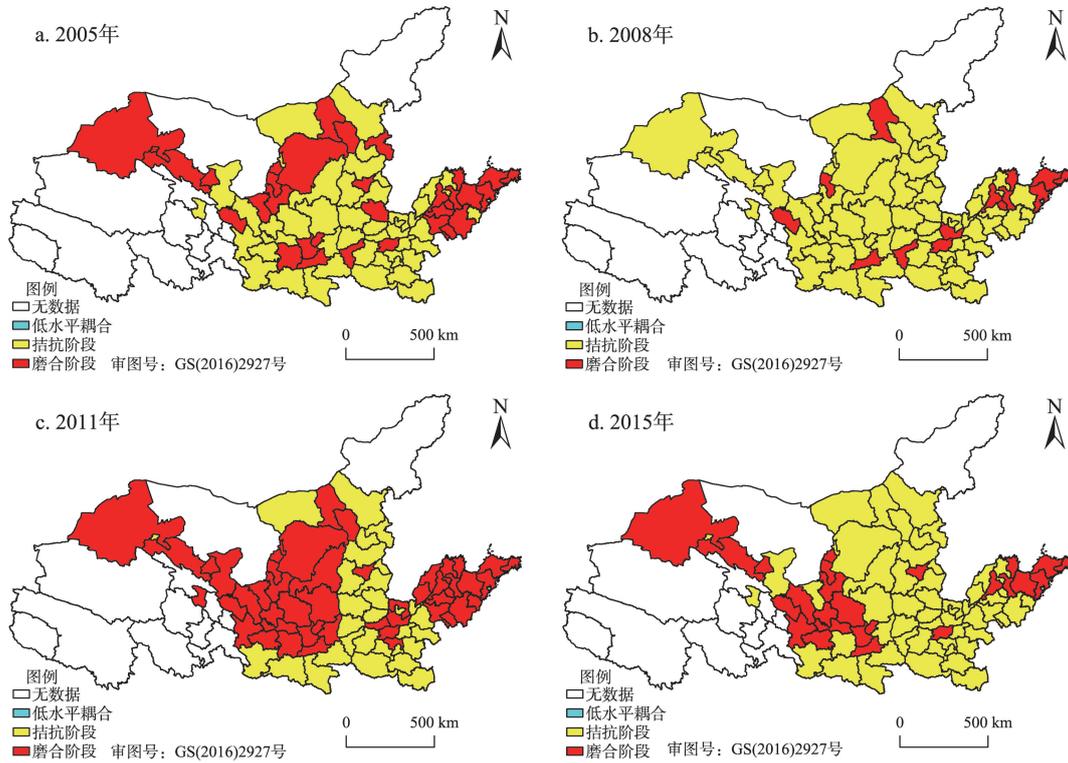


图2 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合度时空格局

Figure 2 The spatiotemporal pattern of coupling index values of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin

斯和包头等城市,陕西省的渭南、宝鸡、安康等城市,宁夏省的中卫市,甘肃省的武威、陇南等地市耦合度又有所下降,从磨合阶段退回到了拮抗阶段,说明这些地区的城镇化进程对于生态环境的压力逐步增大,导致耦合度下降。

4.3 新型城镇化与生态环境的耦合协调度空间分异

2005年新型城镇化与生态环境的耦合协调度保持在0.21~0.60之间,2008年为0.19~0.53,2011年为0.25~0.60,2015年为0.21~0.56。虽然黄河流域部分地区新型城镇化与生态环境的耦合协调度处于高度协调状态,但是总体上耦合协调度处在低度和中度协调状态,且耦合协调度下降的趋势较为明显(图3)。2005年,山东省的济南、青岛,河南省的郑州、三门峡,陕西省的西安,宁夏回族自治区的银川等城市处于高度耦合协调状态,这些城市大多为省会城市或副省级城市。中度耦合协调地区主要包括山东省、河南省、甘肃省和宁夏回族自治区的大部分地区,以及陕西省北部和内蒙古鄂尔多斯。低度耦合协调区域主要集中在山西以及河南西北部、陕西南部等区域。2008年,仅有山东省的济南市和青

岛市、河南省的三门峡市仍处于高度耦合协调阶段;陕西省的西安市、河南省的郑州市、宁夏回族自治区的银川市,由高度耦合协调下降到中度耦合协调;河南省、甘肃省和宁夏回族自治区的大部分地区,以及陕西省北部和内蒙古鄂尔多斯从中度耦合协调转变为低度耦合协调阶段。2011年是耦合协调度值最高的一年,兰州和太原2个省会城市,也步入高度耦合协调阶段。黄河流域除河南省的南阳市、信阳市、驻马店市,山西省的忻州市、吕梁市外,全部进入了中度耦合协调阶段。2015年,黄河流域各地级市的耦合协调度进一步下降,尤其是山西省、河南省及陕西省的南部地区下降趋势明显。总体而言,黄河流域的省会城市以及副省级城市新型城镇化与生态环境的耦合协调水平相对较高,而部分资源型城市以及重化工业城市,由于资源开发利用方式较为粗放、产业结构较为单一、接续替代产业支撑不足、产业转型升级压力大等原因,新型城镇化及经济社会发展对于生态环境的影响和破坏较为严重,导致耦合协调度相对较低。

2020年1月

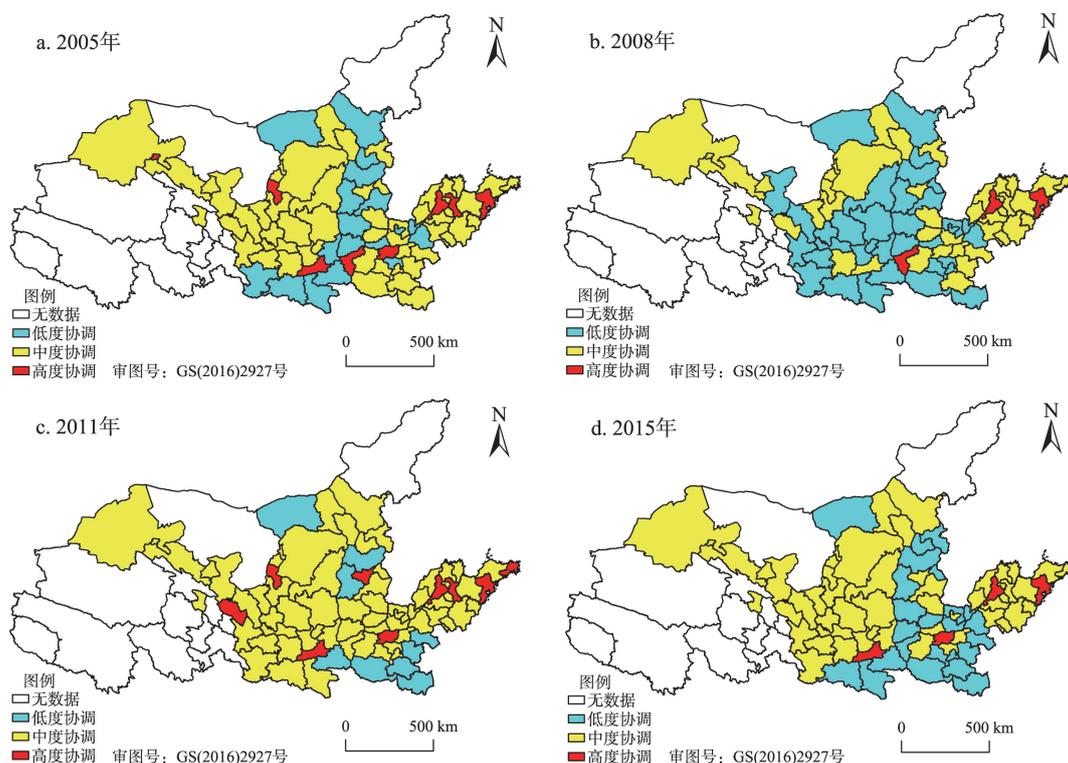


图3 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合协调度时空格局

Figure 3 The spatiotemporal pattern of coupling and coordination degree of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin

4.4 新型城镇化与生态环境相对发展类型

根据新型城镇化与生态环境的相对发展模型,2005—2016年,黄河流域新型城镇化滞后型的地市逐渐减少,生态环境滞后型的地市逐渐增多(图4)。具体来看,2005年新型城镇化滞后型的地市占据了黄河流域的29.26%,主要分布在山东和河南省的交界地区,以及山西、陕西、宁夏和甘肃4省;生态环境滞后型的地市占据了黄河流域的53.65%,多分布在山东半岛地区、河南省的中西部地区、内蒙古呼包鄂城市群等,这些地区开发时间较早、经济实力较强,对于生态环境带来的影响和压力相对较大;同步发展型的地市最少,大多分布在山东半岛。2008年,新型城镇化滞后型的地市下降到了18.29%,山东、河南2省交界附近的济宁、泰安、菏泽、聊城、商丘等地级市,由新型城镇化滞后型转为相对发展型。2011年,新型城镇化滞后型的地市仅占据总量的9.75%,山东、山西2省全部为生态环境滞后型,内蒙古呼包鄂地区、陕西南部、河南北部也均为生态环境滞后型,生态环境滞后型的地级市

占据总量的78.04%。2015年,黄河流域超过84.14%的地级市为生态滞后型,同步发展型和新型城镇化滞后型的地级市,仅分布在陕西北部、宁夏南部和甘肃省等地。

5 新型城镇化与生态环境耦合协调发展的动力因素分析

5.1 变量的选取

新型城镇化与生态环境的耦合协调发展,受到多种因素影响,参考已有研究^[34,36],并结合实际情况从对外开放程度、经济发展水平、工业化水平、科技投入、政府能力、城市建设资金投入等构建指标体系,通过构建计量经济模型开展计量研究(表5)。

黄河流域耦合协调度值在0~1之间变化,被解释变量存在着被切割(Truncated)的特点,符合受限因变量Tobit回归模型设定条件^[37]。本文采用随机效应面板Tobit模型进行计量估计,一方面,相对于固定效应面板Tobit模型,随机效应面板Tobit模型可得到一致估计^[38];另一方面,可以有效避免最小二乘回归带来的结果有偏^[39]。模型设定如下:

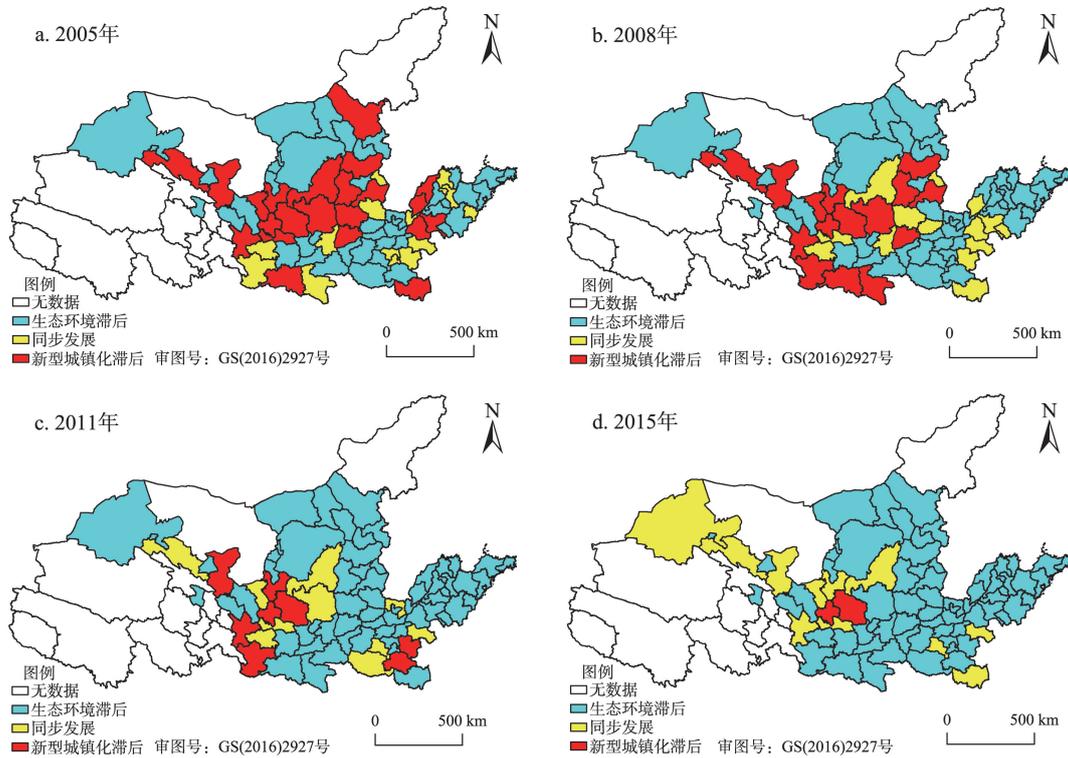


图4 黄河流域新型城镇化与生态环境的相对发展类型空间分布

Figure 4 Spatial distribution of relative development types of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin

$$D_{it} = cons + \beta_1 open_{it} + \beta_2 pgdp_{it} + \beta_3 indu_{it} + \beta_4 tech_{it} + \beta_5 gov_{it} + \beta_6 bui_{it} + \varepsilon_{it}$$

式中： D_{it} 为耦合协调度， i 表示地区， t 表示时间； $cons$ 是常数项； $open$ 是对外开放程度； $pgdp$ 是经济发展水平； $indu$ 是工业化水平； $tech$ 是科技投入； gov 是政府能力； bui 是城市建设资金投入； ε_{it} 是随机扰动项。运用Stata15.1计量分析软件，进行随机效应面板Tobit回归，结果如表6所示。

5.2 全样本结果分析

具体来看，对外开放程度的回归系数为负，且

在1%水平下显著，说明扩大对外开放及引进外资，并不会导致黄河流域各城市新型城镇化与生态环境的耦合协调发展。经济发展水平和耦合协调指数具有显著正相关关系，回归系数为0.3210，且在1%水平下显著，说明城市经济实力的提升，有助于促进新型城镇化与生态环境的耦合协调发展。工业化水平的回归系数为-0.0650，且在1%水平下显著，表明黄河流域的工业化进程对于新型城镇化与生态环境的耦合协调发展产生负向影响，主要原因是黄河流域总体上处于工业化中期发展阶段，工业

表5 耦合协调度动力因素表

Table 5 Dynamic factors of coupling and coordination degree

	变量名称	变量符号	变量说明	单位
被解释变量	耦合协调度	D	耦合协调度模型计算结果	
	对外开放程度	$open$	人均实际利用外资	美元/人
	经济发展水平	$pgdp$	人均GDP	元/人
解释变量	工业化水平	$indu$	第二产业增加值占GDP的比重	%
	科技投入	$tech$	科学技术支出占财政支出的比重	%
	政府能力	gov	地区财政支出占GDP的比重	%
	城市建设资金投入	bui	城市建设维护资金支出	万元

表6 回归结果

Table 6 Regression results

变量	全样本		黄河上游省份		黄河中下游省份	
	系数	P值	系数	P值	系数	P值
<i>open</i>	-0.0443	0.006***	0.0591	0.051*	-0.0333	0.094*
<i>pgdp</i>	0.3210	0.000***	0.0594	0.121	0.4591	0.000***
<i>indu</i>	-0.0650	0.000***	0.0082	0.635	-0.1333	0.000***
<i>tech</i>	0.0424	0.000***	-0.0259	0.051**	0.0583	0.000***
<i>gov</i>	0.0820	0.000***	0.0562	0.017**	0.0980	0.036*
<i>bui</i>	0.1029	0.000***	0.1052	0.000***	0.0858	0.000***
<i>cons</i>	0.2870	0.000***	0.3125	0.000***	0.2904	0.000***

注: *、**、***分别表示在10%、5%、1%水平下显著。

结构重化工特征明显,资源利用较为粗放,资源能源消耗量大,部分地区高污染、高能耗、高排放对生态环境造成了较大破坏,而加快转变发展方式、调整产业结构、加快建设资源节约型和环境友好型社会,成为推动黄河流域新型城镇化与生态环境的耦合协调发展的重要内容。科技投入的回归系数为正,且在1%水平下显著,说明科技投入增大以及随之而来的科技进步是黄河流域实现新型城镇化与生态环境的耦合协调发展的重要推动力,通过加快科技创新与高新技术产业发展,能够有效提高能源的使用效率,降低能源消耗,促进环境污染治理能力和管理效率提高。政府能力的回归系数是0.0820,且在1%水平下显著,表明在黄河流域新型城镇化进程中不能仅依靠市场在资源配置中的决定性作用,还要有效发挥政府之“手”的宏观调控作用,缩小发展差距,避免因盲目竞争而带来的资源浪费,从而促进黄河流域各地级市协调发展。城市建设资金投入的回归系数是0.1029,且在1%水平下显著,说明更多的资金投入,有利于加快推动黄河流域新型城镇化与生态环境的耦合协调发展。

5.3 分地区回归分析

本文结合自然地理环境和经济行政区划,将黄河流域划分为上游和中下游省份。由表5可知,黄河上游对外开放程度的回归系数分别为0.0591,且通过了10%的显著性检验,说明黄河上游地区亟需扩大对外开放,吸引大量外来资金、技术和人才,带动产业结构调整 and 转型升级,培育和壮大新兴产业,从而推进新型城镇化与生态环境的协调发展。

黄河上游地区经济发展水平影响不显著,但是中下游地区的回归系数为0.4591,且在1%水平下显著,说明伴随着黄河中下游地区经济发展和综合实力提升,各城市对于生态环境保护与治理的关注和投入不断增长,有效推动了新型城镇化与生态环境的耦合协调发展。工业化对黄河上游地区的影响不显著,但是中下游地区的回归系数为-0.1333,且在1%水平下显著,说明以工业为主的产业结构对黄河中下游地区新型城镇化与生态环境的耦合协调发展起到了阻碍作用,亟需优化产业结构,加快构建以高端制造业、现代服务业为主导的现代产业体系。科技投入因素在黄河上游的回归系数为负,但在黄河中下游地区的回归系数为0.0583,且在1%水平下显著,说明黄河中下游各省份的地市,应该进一步加大科技投入,不断提升创新驱动发展水平,促进资源利用效率的提高、逐步提升污染治理能力。政府能力和城市建设资金投入因素的回归系数一直为正数,且都通过了显著性检验,说明无论是黄河上游地区还是中下游地区,都应该充分发挥政府的作用,为新型城镇化和生态环境的协调发展提供良好的政策和资金保障。

6 讨论与结论

6.1 讨论

黄河流域与其他区域相比,其新型城镇化与生态环境的耦合水平既表现出一般性的趋势,也有其自身的特点。黄河流域与长江流域类似,新型城镇化与生态环境的耦合度均呈现了先上升后下降的趋势^[35]。黄河流域总体上属于生态环境发展水平滞

后于新型城镇化的状态,这与东北地区、西南地区的发展态势较为相似^[27,28],但与长江经济带城镇化滞后型城市为主的格局有较大差异^[40]。此外,就新型城镇化与生态环境耦合的影响因素而言,经济发展水平、科技创新、财政资金投入等因素的影响较为显著,这与长三角城市群较为一致^[35];但对外开放在黄河流域和长三角城市群的影响不一致,且在黄河流域的上游和中下游地区存在差异。主要原因是黄河流域总体经济实力和水平与长三角城市群存在较大差距;在黄河流域内部,山东为代表的下游地区和西部上游地区相关省份的发展不平衡现象较为突出。总体而言,虽然黄河流域近年来经济社会发展取得了长足的进展,城镇化发展水平不断提升,但由于发展方式粗放、产业结构较重,对于生态环境的压力日趋严重。黄河流域生态保护与高质量发展这一国家战略的提出恰逢其时,黄河流域亟待通过新旧动能转换、产业结构调整与转型升级、新兴产业培育来转变发展方式,加快推动工业化、城镇化与生态环境协调发展。

6.2 结论

本文是围绕“黄河流域生态保护和高质量发展”这一重大国家战略展开的,以黄河流域作为研究对象,通过构建新型城镇化与生态环境的耦合协调模型,定量测度了2005—2016年黄河流域新型城镇化与生态环境耦合协调时空格局,以及二者同步发展的状态;通过构建随机效应面板Tobit模型,对黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的影响因素进行研究。本文的主要结论如下:

(1)黄河流域与全国其他地理经济区类似,新型城镇化与生态环境耦合的水平均呈现下降趋势。无论是从二者耦合的机理研究还是从加强政策与制度安排,都需要持续关注。

(2)摆脱区域发展的路径依赖对于推动新型城镇化与生态环境的耦合具有重要意义。黄河流域的某些资源型城市(区域),较为单一的经济结构推动了经济增长和新型城镇化的进程,也对生态环境产生了较大破坏。对于这些区域而言,加快产业结构的转型升级、及早培育接续替代产业、拓展和延伸产业链条、加快发展生产性服务业成为摆脱路径

依赖、实现路径创造的关键。

(3)黄河流域要针对上游和中下游地区采取差异化的策略来推动新型城镇化与生态环境耦合发展。黄河流域上游和中下游地区新型城镇化与生态环境耦合的主要影响因素有所不同,对外开放程度、工业化水平等因素对于上游和中下游地区产生不同的影响,这也要求黄河流域在加快推动新型城镇化与生态环境耦合发展的进程中,对于上游和中下游地区要采取差异化的推进策略。

参考文献(References):

- [1] Guo Y T, Wang H W, Nijkamp P, et al. Space-time indicators in interdependent urban-environmental systems: A study on the Huai River Basin in China[J]. *Habitat International*, 2015, 45: 135-146.
- [2] 方创琳, 崔学刚, 梁龙武. 城镇化与生态环境耦合圈理论及耦合器调控[J]. *地理学报*, 2019, 74(12): 2529-2546. [Fang C L, Cui X G, Liang L W. Theoretical analysis of urbanization and eco-environment coupling coil and coupler control[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2529-2546.]
- [3] Bai X M, McPhearson T, Cleugh H, et al. Linking urbanization and the environment: Conceptual and empirical advances[J]. *Annual Review of Environment & Resources*, 2016, 42(1): 215-240.
- [4] Kates R, Clark W, Corell R, et al. Environment and development: Sustainability science[J]. *Science*, 2001, 292(5517): 641-642.
- [5] Reid W V, Chen D, Goldfarb L, et al. Environment and development. Earth system science for global sustainability: Grand challenges[J]. *Science*, 2010, 330(6006): 916-917.
- [6] Li Y F, Li Y, Zhou Y, et al. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment[J]. *Journal of Environmental Management*, 2012, 98: 127-133.
- [7] Truffer B, Coenen L. Environmental innovation and sustainability transitions in regional studies[J]. *Regional Studies*, 2012, 46(1): 1-21.
- [8] Berger A R, Hodge R A. Natural change in the environment: A challenge to the pressure-state-response concept[J]. *Social Indicators Research*, 1998, 44(2): 255-265.
- [9] Caviglia-Harris J L, Chambers D, Kahn J R. Taking the “U” out of Kuznets: A comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation[J]. *Ecological Economics*, 2009, 68(4): 1149-1159.
- [10] OECD. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth[R]. Paris: OECD, 2002.
- [11] 马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统[J]. *生态学报*, 1984, 4(1): 3-11. [Ma S J, Wang R S. The social-economic-natu-

2020年1月

- ral complex ecosystem[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, 4(1): 3-11.]
- [12] 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[J]. *地理研究*, 2003, 22(2): 211-220. [Huang J C, Fang C L. Analysis of coupling mechanism and rules between urbanization and eco-environment[J]. *Geographical Research*, 2003, 22(2): 211-220.]
- [13] 方创琳,杨玉梅.城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J]. *干旱区地理*, 2006, 29(1): 1-8. [Fang C L, Yang Y M. Basic laws of the interactive coupling system of urbanization and ecological environment[J]. *Arid Land Geography*, 2006, 29(1): 1-8.]
- [14] 乔标,方创琳.城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. *生态学报*, 2005, 25(11): 3003-3009. [Qiao B, Fang C L. The dynamic coupling model of the harmonious development between urbanization and eco-environment and its application in arid area[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 3003-3009.]
- [15] 崔学刚,方创琳,李君,等.城镇化与生态环境耦合动态模拟模型研究进展[J]. *地理科学进展*, 2019, 38(1): 111-125. [Cui X G, Fang C L, Li J, et al. Progress in dynamic simulation modeling of urbanization and ecological environment coupling[J]. *Progress in Geography*, 2019, 38(1): 111-125.]
- [16] 刘海猛,方创琳,李咏红.城镇化与生态环境“耦合魔方”的基本概念及框架[J]. *地理学报*, 2019, 74(8): 1489-1507. [Liu H M, Fang C L, Li Y H. The coupled human and natural cube: A conceptual framework for analyzing urbanization and eco-environment interactions[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(8): 1489-1507.]
- [17] 方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. *地理学报*, 2016, 71(4): 531-550. [Fang C L, Zhou C H, Gu C L, et al. Theoretical analysis of interactive coupled effects between urbanization and eco-environment in mega-urban agglomerations[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 531-550.]
- [18] Kline J D, Moses A, Alig R J. Integrating urbanization into landscape-level ecological assessments[J]. *Ecosystems*, 2001, 4(1): 3-18.
- [19] Kim D S, Mizuno K, Kobayashi S. Analysis of urbanization characteristics causing farmland loss in a rapid growth area using GIS and RS[J]. *Paddy and Water Environment*, 2003, 1(4): 189-199.
- [20] Portnov B A, Safriel U N. Combating desertification in the Negev: Dryland agriculture vs. dryland urbanization[J]. *Journal of Arid Environments*, 2004, 56(4): 659-680.
- [21] 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. *自然资源学报*, 2005, 20(1): 105-112. [Liu Y B, Li R D, Song X F. Analysis of coupling degrees of urbanization and ecological environment in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(1): 105-112.]
- [22] 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[J]. *地理学报*, 2005, 60(2): 237-247. [Liu Y B, Li R D, Song X F. Grey associative analysis of regional urbanization and eco-environment coupling in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(2): 237-247.]
- [23] 董锁成,史丹,李富佳,等.中部地区资源环境、经济和城镇化形势与绿色崛起战略研究[J]. *资源科学*, 2019, 41(1): 33-42. [Dong S C, Shi D, Li F J, et al. Study on the resource environment, economy and urbanization situation and green rise strategy in Central China[J]. *Resources Science*, 2019, 41(1): 33-42.]
- [24] 郑慧,贾珊,赵昕.新型城镇化背景下中国区域生态效率分析[J]. *资源科学*, 2017, 39(7): 1314-1325. [Zheng H, Jia S, Zhao X. An analysis of regional eco-efficiency in China under the background of new-type urbanization[J]. *Resources Science*, 2017, 39(7): 1314-1325.]
- [25] 刘春雨,刘英英,丁饶干.福建省新型城镇化与生态环境的耦合分析[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(9): 3043-3050. [Liu C Y, Liu Y Y, Ding R G. Coupling analysis between new-type urbanization and ecological environment in Fujian Province, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(9): 3043-3050.]
- [26] 刘耀彬,李仁东,张守忠.城市化与生态环境协调标准及其评价模型研究[J]. *中国软科学*, 2005, (5): 140-148. [Liu Y B, Li R D, Zhang S Z. Study on the coordinative criteria and coordination degree model between regional urbanization and eco-environment[J]. *China Soft Science*, 2005, (5): 140-148.]
- [27] 孙平军,修春亮,张天娇.熵变视角的吉林省城市化与生态环境的耦合关系判别[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(3): 875-882. [Sun P J, Xiu C L, Zhang T J. Identification of coupling relationship between urbanization and ecological environment in Jilin from entropy change perspective[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(3): 875-882.]
- [28] 张引,杨庆媛,闵婕.重庆市新型城镇化质量与生态环境承载力耦合分析[J]. *地理学报*, 2016, 71(5): 817-828. [Zhang Y, Yang Q Y, Min J. An analysis of coupling between the bearing capacity of the ecological environment and the quality of new urbanization in Chongqing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(5): 817-828.]
- [29] 王少剑,方创琳,王洋.京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度[J]. *生态学报*, 2015, 35(7): 2244-2254. [Wang S J, Fang C L, Wang Y. Quantitative investigation of the interactive coupling relationship between urbanization and eco-environment[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(7): 2244-2254.]
- [30] 樊鹏飞,梁流涛,李炎埔,等.基于系统耦合视角的京津冀城镇化协调发展评价[J]. *资源科学*, 2016, 38(12): 2361-2374. [Fan P F, Liang L T, Li Y P, et al. Evaluation of coordinated development of urbanization from the perspective of system coupling in the Bei-

- jing-Tianjin-Hebei Region[J]. Resources Science, 2016, 38(12): 2361-2374.]
- [31] 陈肖飞, 郭建峰, 姚士谋. 长三角城市群新型城镇化与生态环境承载力耦合协调研究: 基于利奥波德的大地伦理观思想[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(4): 715-724. [Chen X F, Guo J F, Yao S M. Study on the coupling between ecological capacity and new urbanization in Yangtze River Delta agglomeration: Based on the Leopold's Earth Ethics[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(4): 715-724.]
- [32] 刘艳艳, 王少剑. 珠三角地区城市化与生态环境的交互胁迫关系及耦合协调度[J]. 人文地理, 2015, 30(3): 64-71. [Liu Y Y, Wang S J. Coupling coordinative degree and interactive coercing relationship between urbanization and eco-environment in Pearl River Delta[J]. Human Geography, 2015, 30(3): 64-71.]
- [33] 崔木花. 中原城市群9市城镇化与生态环境耦合协调关系[J]. 经济地理, 2015, 35(7): 72-78. [Cui M H. The relationship of coupling coordination between urbanization and ecological environment: A case of urban cluster in the central plains[J]. Economic Geography, 2015, 35(7): 72-78.]
- [34] 邓宗兵, 宗树伟, 苏聪文, 等. 长江经济带生态文明建设与新型城镇化耦合协调发展及动力因素研究[J]. 经济地理, 2019, 39(10): 78-86. [Deng Z B, Zong S W, Su C W, et al. Research on coupling coordination development between ecological civilization construction and new urbanization and its driving forces in the Yangtze River economic zone[J]. Economic Geography, 2019, 39(10): 78-86.]
- [35] 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[J]. 经济地理, 2017, 37(2): 163-170. [Sun H P, Huang Z F, Xu D D, et al. The spatial characteristics and drive mechanism of coupling relationship between urbanization and eco-environment in the Pan Yangtze River Delta[J]. Economic Geography, 2017, 37(2): 163-170.]
- [36] 田时中, 丁雨洁. 长三角城市群绿色化测量及影响因素分析: 基于26城市面板数据熵值-Tobit模型实证[J]. 经济地理, 2019, 39(9): 94-103. [Tian S Z, Ding Y J. Greenization measurement of urban agglomeration in Yangtze River Delta and its influence factors: An empirical study based on the entropy-Tobit model of 26 cities' panel data[J]. Economic Geography, 2019, 39(9): 94-103.]
- [37] 陈强. 高级计量经济学及Stata应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010. [Chen Q. Advanced Econometrics and Stata Application [M]. Beijing: Higher Education Press, 2010.]
- [38] Cameron A C, Trivedi P K. Microeconometrics: Methods and Applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- [39] 杨勇, 邓祥征. 中国城市生态效率时空演变及影响因素的区域差异[J]. 地理科学, 2019, 39(7): 1111-1118. [Yang Y, Deng X Z. The spatio-temporal evolutionary characteristics and regional differences in affecting factors analysis of China's urban eco-efficiency[J]. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(7): 1111-1118.]
- [40] 王宾, 于法稳. 长江经济带城镇化与生态环境的耦合协调及时空格局研究[J]. 华东经济管理, 2019, 33(3): 58-63. [Wang B, Yu F W. Research on coupling coordination degree and spatial-temporal evolution between urbanization and ecological environment in the Yangtze River economic belt[J]. East China Economic Management, 2019, 33(3): 58-63.]

Spatiotemporal differentiation and influencing factors of the coupling and coordinated development of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin

ZHAO Jianji^{1,2}, LIU Yan¹, ZHU Yakun¹, QIN Shengli¹, WANG Yanhua^{1,2}, MIAO Changhong^{1,2}

(1. Key Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development & Collaborative Innovation

Center on Yellow River Civilization of Henan Province, Henan University, Kaifeng 475001, China;

2. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475000, China)

Abstract: Taking the Yellow River Basin as an example, in this study the coupling and coordinated development of new urbanization and ecological environment was examined, and the spatiotemporal differentiation and synchronous development state of the coupling and coordination from 2005 to 2016 were measured. Based on the Tobit model of random effect, the influencing factors of the coupling of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin were explained. The findings can be summarized as follows: (1) Index values of the new urbanization and ecological environment subsystems and the coupling and coordination degree of the Yellow River Basin were rising first and then declining. (2) The average coupling degree of new urbanization and ecological environment was between 0.34~0.70, which was in the stage of moderate development. The average coordination degree of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin was between 0.20~0.60, which was in the stage of low coordination and moderate coordination; (3) More than 78% of the cities in the Yellow River Basin lagged behind in ecological environment protection and the pressure of ecological environment are prominent under the background of rapid urbanization. (4) The level of economic development, capacity of the governments, and investment in science and technology have a positive impact on the degree of coupling and coordination; the degree of opening and the level of industrialization have different effects on the coupling and coordination of the upper and middle-lower reaches of the Yellow River Basin. Additional, reducing path dependency has great significance for promoting the coupling of new urbanization and ecological environment. Differentiated strategies should be adopted to promote the coupling development of new urbanization and ecological environment across the Yellow River Basin.

Key words: new urbanization; ecological environment; coupling and coordination; Tobit model; Yellow River Basin