

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.03.031.

刘金凤, 吴文恒, 万赞, 等. 近20年黄河流域城乡耦合协调的演化特征及影响因素[J]. 水土保持研究, 2023, 30(3): 413-422, 429.

LIU Jinfeng, WU Wenheng, WAN Yun, et al. Evolutionary Characteristics and Influencing Factors of Urban-Rural Coupling Coordination in Yellow River Basin in Recent 20 Years[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(3): 413-422, 429.

# 近20年黄河流域城乡耦合协调的演化特征及影响因素

刘金凤<sup>1</sup>, 吴文恒<sup>1,2</sup>, 万赞<sup>1</sup>, 史海金<sup>1</sup>

(1. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710127; 2. 陕西省地表系统与环境承载力重点实验室, 西安 710127)

**摘要:** [目的] 探究黄河流域城乡耦合协调演化特征及影响因素, 对于促进流域内城乡融合发展具有重要的指示作用。 [方法] 基于城乡耦合关系, 构建评价指标体系, 采用熵权 TOPSIS 法、耦合协调度和障碍度模型, 从省域尺度测算 2000—2019 年黄河流域八省(区)城市、乡村综合发展水平, 分析城乡耦合协调的演化特征及影响因素。 [结果] 研究期内黄河流域城市、乡村综合发展水平不断上升, 分别由 0.34, 0.35 增至 0.43, 0.4, 均呈中下游地区高于上游地区的空间格局。时间分异上, 黄河流域城乡耦合协调度整体呈由“基本失调”向“基本协调”发展的上升特征, 八省(区)平均水平由 0.5 上升至 0.59。空间分布上, 黄河流域城乡耦合协调度呈现从上游到下游逐级递增的阶梯式格局, 空间异质性突出。从城市系统阻碍城乡耦合协调发展的主要因素由城市人口密度、城镇常住人口转变为城市人均第三产业产值、城市人均 GDP, 从乡村系统阻碍城乡耦合协调发展的主要因素为经济领域的乡村人均可支配收入、乡村人均农林牧渔业产值, 整体上黄河流域城乡耦合协调程度主要受经济发展水平影响。城乡政策和区域规划对城乡耦合起促进作用, 资源禀赋对城乡耦合格局产生固化作用。 [结论] 应分类别坚持“发展优先、保护并重”和“提质增效、重点发展”的原则, 提高黄河流域不同省份城乡协调发展水平。

**关键词:** 城乡耦合; 耦合协调度; 影响因素; 黄河流域

中图分类号: F291.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)03-0413-10

## Evolutionary Characteristics and Influencing Factors of Urban-Rural Coupling Coordination in Yellow River Basin in Recent 20 Years

LIU Jinfeng<sup>1</sup>, WU Wenheng<sup>1,2</sup>, WAN Yun<sup>1</sup>, SHI Haijin<sup>1</sup>

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Carrying Capacity, Xi'an 710127, China)

**Abstract:** [Objective] Exploring the characteristics and influencing factors of the coordinated evolution of urban-rural coupling in the Yellow River Basin plays an important role in promoting the integration of urban and rural development in the Yellow River Basin. [Methods] Based on the urban-rural coupling relationship, an evaluation index system was constructed. The comprehensive urban and rural development levels of the eight provinces (regions) in the Yellow River Basin from 2000 to 2019 were calculated based on the provincial scale, and the evolution characteristics and influencing factors of urban-rural coupling coordination were analyzed by using the entropy weight TOPSIS method, the coupling coordination degree and the obstacle degree model. [Results] During the study period, the comprehensive development levels of cities and villages in the Yellow River Basin continued to rise, from 0.34 and 0.35 to 0.43 and 0.4, showing a spatial pattern in which the middle and lower reaches were higher than the upper reaches. In terms of time differentiation, the overall degree of urban-rural coupling coordination in the Yellow River Basin showed an upward trend from basic imbalance to basic coordination, and the average levels of the eight provinces (regions) increased from

收稿日期: 2022-01-16

修回日期: 2022-03-16

资助项目: 教育部人文社会科学研究规划资助项目“西北老工业城市企业单位社区的空间更新潜力与发展路径研究”(18YJA840013)

第一作者: 刘金凤(1997—), 女, 四川广安人, 硕士研究生, 研究方向为区域发展。E-mail: 850239567@qq.com

通信作者: 吴文恒(1977—), 男, 江苏邳州人, 博士, 教授, 博导, 主要从事城乡发展与规划、人口与资源环境研究。E-mail: wuwh@nwu.edu.cn

<http://stbcjy.paperonce.org>

0.5 to 0.59. In terms of spatial distribution, the urban-rural coupling coordination degree in the Yellow River Basin presented a step-by-step pattern from upstream to downstream, with prominent spatial heterogeneity. The main factors hindering the coordinated development of urban-rural coupling from the urban system had changed from urban population density and urban permanent population to urban per capita tertiary industry output value and urban per capita GDP. Rural per capita disposable income, rural per capita output value of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery, the degree of coupling and coordination between urban and rural areas in the Yellow River Basin were mainly affected by the level of economic development. Urban-rural policies and regional planning promoted the urban-rural coupling, and resource endowment had a solidifying effect on the urban-rural coupling pattern. [Conclusion] The principles of ‘developing first, paying equal attention to protection’ and ‘improving quality and efficiency, and focusing on development’ should be adhered by category, and the coordinated development level of urban and rural areas in different provinces in the Yellow River Basin should be improved.

**Keywords:** urban-rural coupling; coupling coordination degree; influencing factors; Yellow River Basin

中国长期以来受城乡二元结构体制和实行“重城轻乡”政策的影响与制约,城乡发展结构性矛盾突出,城乡要素合理流动不畅<sup>[1-2]</sup>,具体表现为城乡发展不平衡、乡村发展不充分及其引发的“城进村衰”、乡村空心化及“乡村病”等问题,严重制约着社会全面可持续发展<sup>[3-4]</sup>,倒逼城乡发展模式的转变。随着中国城乡统筹发展战略进入纵深阶段以及城市化进入成熟阶段,城乡发展面临的不协调问题愈发凸显。中国已经成为世界上城乡矛盾最为突出的国家之一,缩小城乡发展差距、促进城乡协调发展<sup>[5]</sup>,是实现城乡协调向城乡融合跃迁的必然要求,需要适度控制城市快速发展对乡村的极化作用。因此,研究城乡关联要素的耦合协调程度,对于认识两者关系、促进其融合发展具有指示作用。

目前对城乡耦合协调的研究主要为定量研究。基于统计数据,采用综合评价法、数理分析、GIS 等方法定量研究城乡耦合水平<sup>[6-7]</sup>,研究涉及全国<sup>[8]</sup>、省域<sup>[9]</sup>和县域等<sup>[10]</sup>不同尺度,研究内容主要包括城乡耦合协调程度时空分布及影响因素<sup>[11-12]</sup>,耦合协调程度时空分布主要运用 GIS 空间分析方法分析,影响因素主要采用定量测度与定性描述相结合的研究方法从社会、经济、政策、制度等方面多角度分析。对于城乡耦合协调的研究,取得了一系列丰硕成果,但仍存在以下不足。从评价体系看,由于乡村数据获取难度较大,多数学者以城乡一体进行融合发展水平测度,少有从城、乡各自发展视角建立相应的评价指标体系进行测度分析。从研究方法看,主要采用耦合协调度模型来刻画城乡整体耦合的程度,缺少城乡系统内部各要素对城乡耦合的影响分析,本文将耦合协调度与障碍度模型相结合,深入探析城乡整体耦合的演化特征,并识别影响其演变的主要障碍因子。

2019年9月,黄河流域生态保护和高质量发展战略被提出,强调了城乡协调发展在促进区域协调发展、巩固黄河流域战略地位、促进黄河流域生态环境改善等方面的重要作用。2019年黄河流域乡村居民人均可支配收入13 429.6元,城市居民人均可支配收入40 492.7元,乡村居民人均消费性支出11 354.5元,城市居民人均消费性支出23 896.6元,城乡居民可支配收入及消费性支出差距大。整体上,黄河流域城乡发展差距较大,是我国促进城乡协调发展和高质量发展的重难点地区,城乡发展极具典型性。关于黄河流域的研究主要包括3方面:一是从自然生态角度探究黄河流域生态保护发展情况。通过空间分析等方法,分析黄河流域主要环境因子时空分异特征及影响因素<sup>[13-16]</sup>。二是从高质量发展视角分析黄河流域社会、经济、交通等方面可持续发展路径及影响因素<sup>[17-18]</sup>。三是从耦合视角,分析黄河流域生态保护与高质量发展耦合协调现状<sup>[19]</sup>。可知,学术界对于黄河流域城乡发展关注较少。城乡融合是黄河流域高质量发展的重要部分,城乡耦合协调状况是反映城乡融合的重要指示器。在此背景下,以黄河流域为研究对象来探讨城乡耦合协调程度是极其必要的。基于此,论文构建城市、乡村综合发展水平评价指标体系,深入分析两者耦合协调程度的演化特征,并从评价指标内、外部分析影响因素,以期为进一步认识黄河流域城乡发展现状,提高其协调发展水平,促进城乡融合发展等提供参考。

## 1 指标体系构建与数据来源

### 1.1 指标体系构建

在乡村人口向城市转移的过程中,城市与乡村始终在进行物质与能量的交换,这种交换即城乡耦合<sup>[20-21]</sup>。城乡耦合的基础是人口、资金、土地等要素

在空间中的流动与集聚,其中人口要素是核心。人口是创造和产生价值的主体,决定着城乡关系的存在和发展<sup>[22]</sup>,能够带动其他要素在空间上的集聚、扩散和流动,是引起城乡经济社会变化、用地类型转变的关键,各种要素在空间上的流动与集聚会带来城乡之间在产业、就业、土地利用等方面的结构重组,这一过程可能带来正反两面效应。一方面,城市内部大量的就业机会、更好的生活条件,对乡村人口具有强大吸引力,农村剩余劳动力进城务工,在一定程度上提高了乡村人口收入水平,有利于改善其生活条件;城市资金、技术等要素向乡村转移,可以促进乡村经济发展及社会文化进步;另一方面,乡村人口大量外迁,乡村老年人口占比增大,农业劳动力减少,进而引起农村土地利用类型变化;城市要素无序向乡村转移,也可能侵害村民利益、削弱乡村可持续发展能力<sup>[23]</sup>。同理,乡村人口大量涌入城市可为城市发展提供充足劳动力,调整城市人口及就业结构,促进经济社会发展;另一方面,也可能导致城市人口密度过大,引发城市内部空间过度拥挤、公共服务设施不足、资源超载、环境恶化等问题,进一步导致城市的无序扩张,城市建设范围不断扩大、侵占周围农田等,使得农村土地利用方式发生变化(图 1)。

城乡耦合系统本质上是一个众多要素相互作用的复杂系统<sup>[20]</sup>,城乡融合发展是一个内部要素关系复杂的系统工程<sup>[5]</sup>,在城乡融合发展过程中,城乡关

系主要体现在人口转移、经济发展、社会生活、土地转变 4 个方面,而研究城乡耦合协调关系就是为了促进城乡融合,故本文参照黄河流域城乡发展实际,借鉴近年来中国城乡关系定量研究文献<sup>[24-25]</sup>,从人口、经济、社会、土地 4 个要素层面,选取衡量城市、乡村综合发展水平的要素指标,整体上分析城乡协调程度的演化特征。因城乡系统耦合的基本方向是受内、外作用力的影响,城乡之间的矛盾不断减少,最终形成一种有序的协调系统,这与城市化的过程具有较高一致性,故本文在指标选取时兼顾了部分城市化指标。同时,考虑到现有研究的评价体系主要选择城、乡共有的发展指标,忽视城、乡各自发展特色,本文遵循科学性、数据可获取性原则对具体指标进行筛选,从城、乡各自发展基础上,确定城市系统 12 个指标,乡村系统 10 个指标(表 1)。

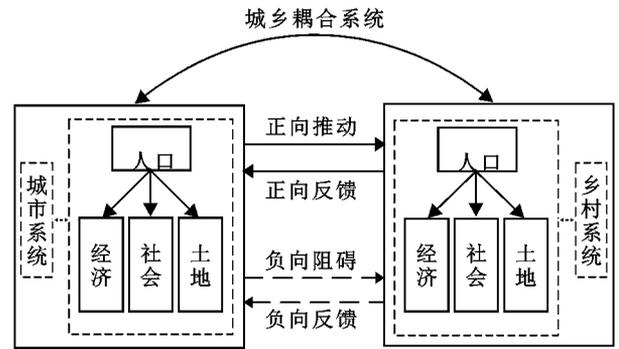


图 1 城乡耦合关系

表 1 城市与乡村综合发展水平评价指标体系

| 目标层      | 准则层 | 权重   | 指标层                           | 权重   | 指标属性 |
|----------|-----|------|-------------------------------|------|------|
| 城市综合发展水平 | 人口  | 0.24 | (A <sub>1</sub> )城镇常住人口       | 0.10 | +    |
|          |     |      | (A <sub>2</sub> )城市人口密度       | 0.09 | +    |
|          |     |      | (A <sub>3</sub> )城市老年人口占比     | 0.05 | -    |
|          | 经济  | 0.27 | (A <sub>4</sub> )城市人均 GDP     | 0.10 | +    |
|          |     |      | (A <sub>5</sub> )城市人均第二产业产值   | 0.07 | +    |
|          |     |      | (A <sub>6</sub> )城市人均第三产业产值   | 0.11 | +    |
|          |     |      | (A <sub>7</sub> )每万人拥有公共交通工具  | 0.10 | +    |
|          | 社会  | 0.24 | (A <sub>8</sub> )城市人均道路面积     | 0.09 | +    |
|          |     |      | (A <sub>9</sub> )城市用水普及率      | 0.05 | +    |
|          |     |      | (A <sub>10</sub> )城市建成区面积     | 0.06 | +    |
|          |     |      | (A <sub>11</sub> )建成区经济密度     | 0.10 | +    |
|          |     |      | (A <sub>12</sub> )城市人均绿地面积    | 0.09 | +    |
| 乡村综合发展水平 | 人口  | 0.20 | (B <sub>1</sub> )乡村常住人口       | 0.14 | +    |
|          |     |      | (B <sub>2</sub> )乡村老年人口占比     | 0.06 | -    |
|          |     |      | (B <sub>3</sub> )乡村人均农林牧渔业产值  | 0.12 | +    |
|          | 经济  | 0.28 | (B <sub>4</sub> )乡村人均可支配收入    | 0.10 | +    |
|          |     |      | (B <sub>5</sub> )乡村恩格尔系数      | 0.06 | -    |
|          |     |      | (B <sub>6</sub> )乡村每万人医生数     | 0.08 | +    |
|          |     |      | (B <sub>7</sub> )乡村人均固定资产投资额  | 0.11 | +    |
|          | 社会  | 0.26 | (B <sub>8</sub> )每万人拥有乡村文化站个数 | 0.08 | +    |
|          |     |      | (B <sub>9</sub> )单位面积粮食产量     | 0.07 | +    |
|          |     |      | (B <sub>10</sub> )人均耕地面积      | 0.19 | +    |

## 1.2 数据来源

黄河流域流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东九省(区),因四川仅甘孜、阿坝两州属于黄河流域,且人口、GDP 总量占全省份额均较小,故本文研究范围不包括四川省<sup>[26-27]</sup>。参照黄河干流上、中、下游河段分界点,将黄河流域划分为上游(青海、甘肃、宁夏、内蒙古)、中游(陕西和山西)、下游(河南和山东)地区。计算所需数据来源包括两方面:(1)黄河流域省级行政区划矢量数据,来自中国科学院资源环境科学数据中心的 1:50 万基础地理数据。(2)城市综合发展水平评价指标数据来自《中国统计年鉴》(2001—2020 年)、《中国城市统计年鉴》(2001—2020 年)、《中国人口与就业统计年鉴》(2001—2020 年);乡村综合发展水平评价指标数据来自《中国农村统计年鉴》(2001—2020 年),八省(区)2000—2019 年国民经济和社会发展统计公报、政府工作报告及《统计年鉴》。个别缺失数据,以其他年份数据为基础,运用趋势外推法进行赋值。

## 2 研究方法

### 2.1 熵权 TOPSIS 法

熵权 TOPSIS 法先通过熵值法确定城市、乡村综合发展水平评价指标的权重,再利用 TOPSIS 法逼近理想解以确定黄河流域八省(区)城市、乡村综合发展水平的相对优劣<sup>[28]</sup>,具体计算步骤如下:

(1)数据标准化。为避免原始数据在指标性质与量纲上存在差异而对综合测度结果产生影响,在进行综合评价前需对原始数据进行标准化处理,本文采用极差标准化法将原始数据分为正、负向指标。

正向指标值越大,对上级目标越有利,采用正向指标标准化公式:

$$Y_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_{j\min})}{(X_{j\max} - X_{j\min})} \quad (1)$$

负向指标值越大,对上级目标越不利,采用负向指标标准化公式:

$$Y_{ij} = \frac{(X_{j\max} - X_{ij})}{(X_{j\max} - X_{j\min})} \quad (2)$$

式中: $Y_{ij}$ ,  $X_{ij}$ ,  $X_{j\max}$  和  $X_{j\min}$  分别为第  $i$  个评价对象中第  $j$  项指标的标准化值、原始值、最大值和最小值。 $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。

(2)确定指标权重  $W$ 。运用熵值法确定城市或乡村综合发展水平评价指标的权重,计算过程如下:

(1)基于标准化值  $Y_{ij}$ , 计算第  $j$  项指标下第  $i$  个评价对象指标值的比重  $P_{ij}$ :

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}} \quad (3)$$

(2)计算第  $j$  项指标的熵值  $e_j$ :

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}, \text{ 其中 } K = \frac{1}{\ln m} \quad (4)$$

(3)计算第  $j$  项指标的差异性系数  $g_j$ :

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(4)计算第  $j$  项指标的权重  $w_j$ :

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (6)$$

(3)构建加权规范化矩阵  $Z$ :

$$Z = Y \times W \quad (7)$$

(4)确定最优解  $Z^+$  和最劣解  $Z^-$ :

$$\begin{aligned} Z^+ &= \{\max Z_{ij} | j=1, 2, \dots, n\} = \{Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_n^+\} \\ Z^- &= \{\min Z_{ij} | j=1, 2, \dots, n\} = \{Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_n^-\} \end{aligned} \quad (8)$$

式中: $Z_{ij} = Y_{ij} \times W_j$ 。

(5)计算各评价对象与最优解、最劣解的欧式距离:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^+)^2}; D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^-)^2} \quad (9)$$

(6)计算各评价对象与最优解的相对接近度  $U_i$ :

$$U_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (10)$$

式中: $U_i$  为城市综合发展水平(乡村综合发展水平)指数,  $0 \leq U_i \leq 1$ ,  $U_i$  值越大表示样本越贴近最优解,城市或乡村综合发展水平越高,反之越低。以上各式中,  $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。

### 2.2 耦合协调度模型

耦合是指 2 个或 2 个以上系统(或要素)之间相互影响、相互作用的现象<sup>[29]</sup>,耦合度能表示城乡相互作用程度的大小,但不能反映二者作用程度的优劣,故引入耦合协调度来表示,公式如下:

$$C = 2 \sqrt{\frac{U_1 U_2}{(U_1 + U_2)^2}} \quad (11)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (12)$$

式中: $C$  表示耦合度,其取值范围  $[0, 1]$ ;  $U_1$  和  $U_2$  分别代表城市、乡村系统的发展水平,  $D$  为耦合协调度,取值范围为  $[0, 1]$ ;  $T$  为 2 个系统的综合发展水平,  $T = aU_1 + bU_2$ ,  $a, b$  为待定系数,且设定  $a + b = 1$ ,考虑到城市和乡村在耦合系统中具有同等重要的作用,故设定  $a = b = 0.5$ 。基于耦合协调度  $D$  的大小,将城市、乡村综合发展水平的耦合情况划分为 4 大类,  $0 <$

$D \leq 0.3$  为严重失调,  $0.3 < D \leq 0.5$  为基本失调,  $0.5 < D \leq 0.8$  为基本协调,  $0.8 < D \leq 1$  为高级协调。

### 2.3 障碍度模型

运用障碍度模型,根据障碍度大小排序确定各障碍因子的作用大小及其对城乡耦合的影响程度<sup>[30]</sup>。公式如下:

$$R_j = \frac{W_j M_{ij}}{\sum_{i=1}^n W_j M_{ij}} \times 100\% \quad (13)$$

式中: $Y_{ij}$ 为第*i*个研究单元第*j*项指标的标准化值; $M_{ij}$ 为指标偏离度,表示城市、乡村单项指标 $Y_{ij}$ 与最优目标值1之间的差距, $M_{ij} = 1 - Y_{ij}$ ;  $W_j$ 表示因子贡献度,指第*j*项指标对城市综合发展水平(乡村综合发展水平)的影响程度,即第*j*项指标相对于城市、乡村各自发展水平的权重; $R_j$ 代表障碍度,表示第*j*项指标对城乡耦合程度的影响。

## 3 结果与分析

为了克服数据波动造成的误差,采用五年平均的方法,将整个研究期分为4个时期:第一个时期(2000—2004年);第2个时期(2005—2009年);第3个时期(2010—2014年);第4个时期(2015—2019年)。

### 3.1 城市与乡村综合发展水平

3.1.1 城市综合发展水平 黄河流域八省(区)城市综合发展水平平均值总体呈现增长态势,由0.34增至0.43,这表明黄河流域城市发展总体向好。在省域层面,第一个时期(2000—2004年)到第2个时期(2005—2009年),青海和河南两省城市综合发展水平出现下降(图2),山东城市综合发展水平基本保持不变,均值始终稳定在0.7

以上,宁夏、内蒙古、陕西3省(区)呈快速上升趋势,甘肃和山西呈缓慢上升趋势。第2个时期(2005—2009年)到第3个时期(2010—2014年),黄河流域八省(区)城市综合发展水平呈平稳态势,变化趋势不明显。第3个时期(2010—2014年)到第4个时期(2015—2019年),除陕西、山东两省出现轻微下降外,其余6省份区呈缓慢增长趋势。黄河流域城市综合发展水平差异较显著,山东和河南在4个时期排名前三的次数最多,属于城市综合发展水平的高值区;甘肃和山西在4个时期排名后三的次数最多,属于城市综合发展水平的低值区。

3.1.2 乡村综合发展水平 黄河流域八省(区)乡村综合发展水平平均值总体呈现增长态势,由0.35增至0.4。21世纪以来,国家针对农业作为国民经济的基础还十分薄弱的现状,制定了一系列有利于农业快速发展的政策措施,不断加大“三农”支持力度,这成为了研究期内黄河流域乡村综合发展水平呈现增长态势的重要原因。在省域层面,第一个时期(2000—2004年)到第2个时期(2005—2009年),宁夏和内蒙古两自治区城市综合发展水平出现较大幅下降(图2),宁夏由0.4降至0.35,内蒙古由0.6降至0.52,河南和山东呈快速上升趋势,其余省份呈缓慢上升趋势。第2个时期(2005—2009年)到第4个时期(2015—2019年),山东省出现大幅下降,由第2个时期的0.59下降至第4个时期的0.49,在此期间,其余省份(区)呈上升趋势。黄河流域乡村综合发展水平差异较为明显,内蒙古和山东在4个时期排名前三的次数最多,属于乡村综合发展水平的高值区;甘肃在4个时期排名均在最后,属于乡村综合发展水平的低值区。

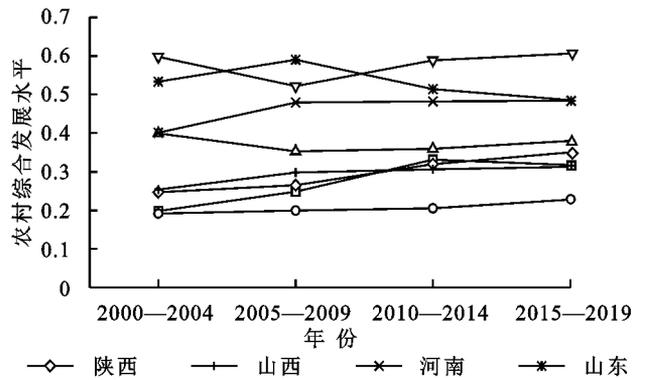
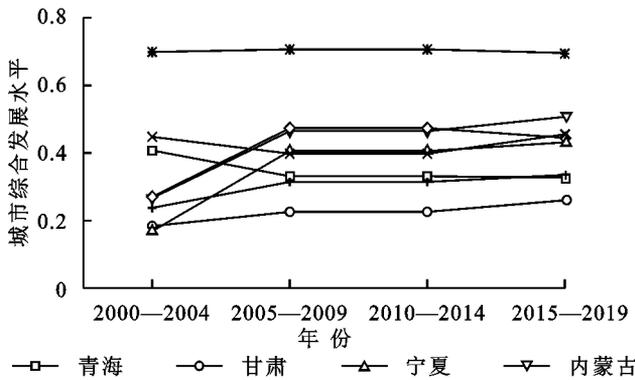


图 2 2000—2019 年黄河流域城乡综合发展水平

### 3.2 城乡耦合的演化特征

3.2.1 城乡耦合协调度时间分异特征 黄河流域城乡耦合协调度整体呈现由“基本失调”向“基本协调”发展的上升特征,八省(区)平均水平由0.5上升至0.59。第一个时期(2000—2004年)和第2个时期

(2005—2009年),除甘肃与山东两省外,其余省份耦合协调度介于[0.3,0.8],均处于由“基本失调”向“基本协调”的上升阶段(图3)。第3个时期(2010—2014年)甘肃、山东、河南耦合协调度出现了不同程度的下降,但协调类型保持不变,其余省份(区)仍呈

上升趋势。第4个时期(2015—2019年)甘肃、山东、河南3省耦合协调度有所回升,青海、山西耦合协调度下降,内蒙古耦合协调类型上升为“高级协调”。2000—2019年,八省(区)中耦合协调度最低值为甘肃省,最高值为山东省。甘肃省耦合协调度一直低于0.2,始终处于“严重失调”阶段,说明甘肃省城乡发展水平都较低,后期需大力提高甘肃省的城乡建设水平。山东省城乡耦合协调度始终稳定在0.9以上,处于“高级协调”阶段。山东省拥有较高的经济本底条件,具有交通便利、矿产丰富等优势,城市和乡村综合发展水平均较高。综合来看,2000—2019年,黄河流域城乡耦合协调度整体呈上升趋势,说明黄河流域各省(区)城市发展速度趋缓,乡村综合发展水平不断提升,城乡耦合协调度得到提高。

3.2.2 城乡耦合协调度空间分布特征 (1) 黄河流域城乡耦合协调度总体呈“东高西低、南高北低”分布,空间差异明显。借助 ArcGIS 软件作4个时期黄河流域城乡耦合协调度趋势面,分析总体分布趋势,结果表明:2000—2019年东西趋势线呈现明显的“指数递增型”空

间特征,随着时间的推移,趋势线坡度变缓,说明黄河流域上游地区城乡耦合协调度明显低于下游地区,但随着时间变化,上中游地区城乡发展水平得到提高,上中下游发展差距逐渐减小。与东西趋势线不同,南北趋势线呈“正U型”空间特征,第一个时期(2000—2004年)北侧趋势线坡度明显小于南侧,即黄河流域纬度较高的省份城乡耦合协调度低于较低纬度的省份;后3个时期,南北趋势线坡度无明显差异,即随着时间的推移,黄河流域南北侧省份耦合协调程度差异不大(图4)。

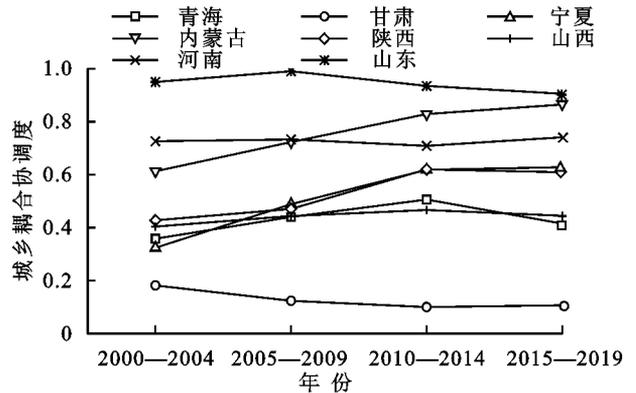


图3 2000—2019年黄河流域城乡耦合协调度的时间演变

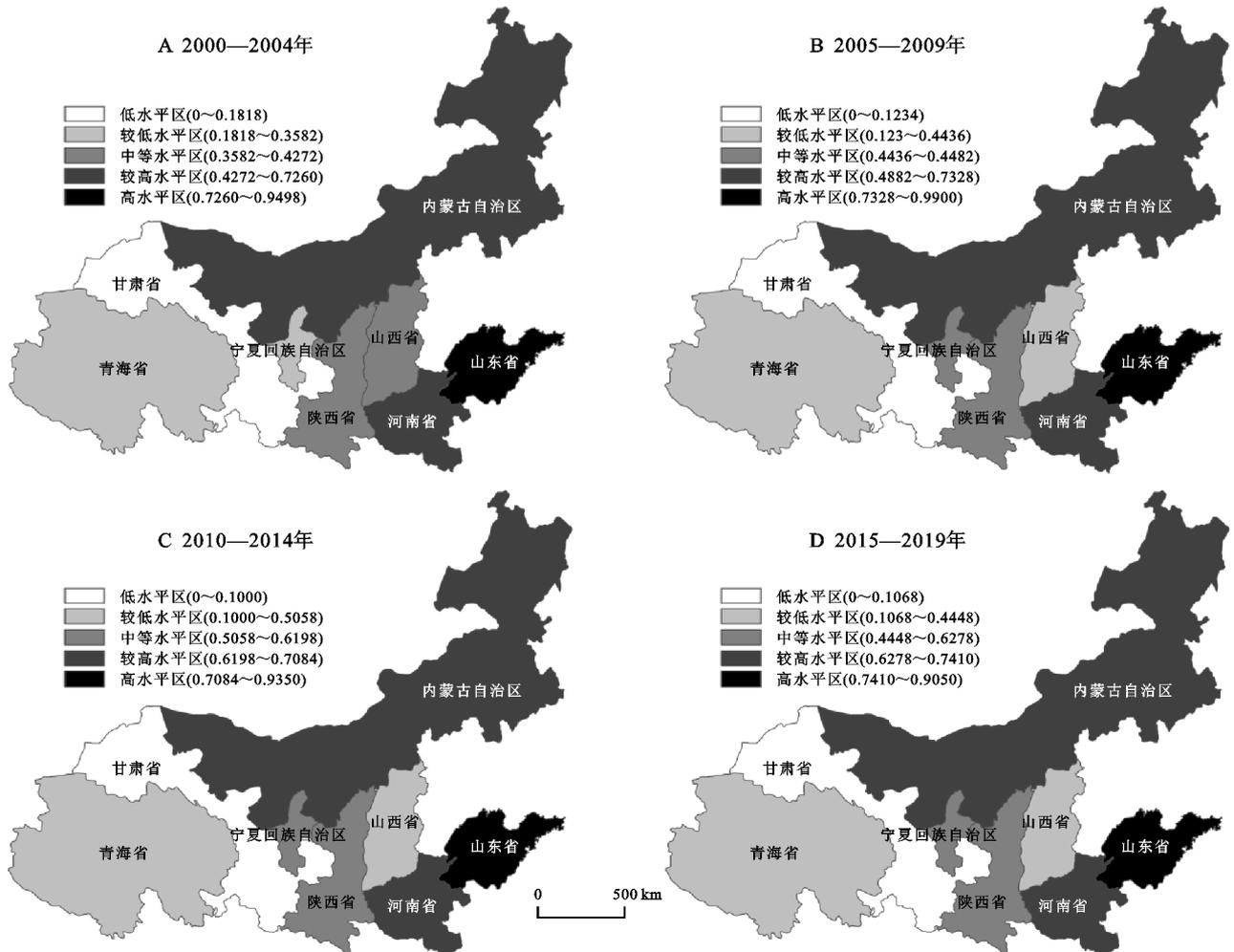


图4 2000—2019年黄河流域城乡耦合协调度的空间格局

(2) 根据黄河流域城乡耦合协调度所形成的数据序列,运用 Jenks 最佳分类法,将城乡耦合协调度划分为低水平区、较低水平区、中等水平区、较高水平区、高水平区等 5 种类型区,并进行可视化(图 4)。黄河流域八省(区)城乡耦合协调度均呈从上游至下游逐级递增阶梯式格局,具有“东高西低”的空间分布特征,空间异质性明显,这与黄河流域上游、中游、下游地区所处的自然地理条件、发展历史和发展水平等差异有关。黄河流域上游的青海、甘肃、宁夏发展条件最差,城乡发展水平都较低,其中甘肃省耦合协调度最低,在研究期内均为低水平区,内蒙古由第一个时期(2000—2004 年)和第 2 个时期(2005—2009 年)的较高水平区转变为第 3 个时期(2010—2014 年)和第 4 个时期(2015—2019 年)的高水平区;中游的陕西、山西具有相对于上游较好的发展条件,尤其是陕西发展历史悠久,经济积累较为雄厚,耦合协调度一直为中等水平区,山西耦合协调度则出现倒退现象,由第一个时期(2000—2004 年)的中等水平区转变为第 4 个时期(2015—2019 年)的较低水平区;下游的河南和山东拥有更好的经济本底条件,城市和乡村综合发展水平都较高,城乡耦合协调度高,河南一直为较高水平区,山东则为高水平区。总体而言,黄河流域城乡耦合协调度地区差距较大,空间异质性突出。

### 3.3 城乡耦合演变的影响因素

由于城乡耦合主要受内、外作用力的双重影响,

且城乡系统具有复杂性,故影响城乡耦合演化的因素不仅限于评价指标体系内部要素,还应对城乡系统外部的影响因素进行深度探究。本文先用障碍度模型识别城市系统、乡村系统从指标体系内部阻碍黄河流域城乡耦合协调程度提高的因素,再从城乡政策、资源禀赋 2 个方面分析黄河流域城乡耦合分异演化的外部影响因素。

3.3.1 城乡耦合演变的障碍因子 因障碍因子涉及年份较多,研究采用障碍因子平均值筛选出前 5 位显著障碍因子<sup>[30]</sup>,结果显示 2000—2019 年阻碍黄河流域城乡耦合协调度提高的因子具有时空差异性。

(1) 全流域城乡耦合的障碍因子差异分析。2000—2009 年,城市系统中城市人口密度( $A_2$ )、每万人拥有公共交通工具( $A_7$ )、建成区经济密度( $A_{11}$ )、城市人均绿地面积( $A_{12}$ )、城镇常住人口( $A_1$ )等五项指标,在各省(区)前 5 位障碍因子中分别出现了 5 次、5 次、4 次、4 次、4 次,表明在此阶段,城市人口密度过低、城市社会经济发展落后阻碍了黄河流域城乡耦合协调程度提高(表 2)。

2000—2009 年,乡村系统中乡村人均农林牧渔业产值( $B_3$ )、乡村常住人口( $B_1$ )、乡村人均可支配收入( $B_4$ )、乡村每万人医生数( $B_6$ )、人均耕地面积( $B_{10}$ )等五项指标,在各省(区)前 5 位障碍因子中分别出现了 6 次、5 次、5 次、5 次、4 次,表明在此阶段,乡村人均经济收入水平低、社会发展落后阻碍了黄河流域城乡耦合协调程度提高。

表 2 2000—2009 年黄河流域城乡耦合协调度前五位显著障碍因子

| 省份  | 城市系统     |          |          |          |          | 乡村系统     |          |          |          |       |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|     | 第一障碍     | 第二障碍     | 第三障碍     | 第四障碍     | 第五障碍     | 第一障碍     | 第二障碍     | 第三障碍     | 第四障碍     | 第五障碍  |
| 青海  | $A_6$    | $A_{11}$ | $A_8$    | $A_{12}$ | $A_2$    | $B_7$    | $B_8$    | $B_3$    | $B_6$    | $B_4$ |
| 甘肃  | $A_{10}$ | $A_8$    | $A_1$    | $A_7$    | $A_2$    | $B_1$    | $B_{10}$ | $B_7$    | $B_2$    | $B_3$ |
| 宁夏  | $A_8$    | $A_6$    | $A_{12}$ | $A_5$    | $A_7$    | $B_{10}$ | $B_7$    | $B_3$    | $B_4$    | $B_9$ |
| 内蒙古 | $A_1$    | $A_{10}$ | $A_{12}$ | $A_8$    | $A_4$    | $B_4$    | $B_9$    | $B_1$    | $B_6$    | $B_7$ |
| 陕西  | $A_7$    | $A_1$    | $A_{11}$ | $A_6$    | $A_2$    | $B_1$    | $B_9$    | $B_6$    | $B_3$    | $B_8$ |
| 山西  | $A_1$    | $A_5$    | $A_2$    | $A_{11}$ | $A_4$    | $B_4$    | $B_1$    | $B_8$    | $B_9$    | $B_2$ |
| 河南  | $A_4$    | $A_{11}$ | $A_5$    | $A_7$    | $A_1$    | $B_7$    | $B_3$    | $B_4$    | $B_{10}$ | $B_6$ |
| 山东  | $A_7$    | $A_2$    | $A_3$    | $A_9$    | $A_{12}$ | $B_3$    | $B_1$    | $B_{10}$ | $B_6$    | $B_5$ |

2010—2019 年,城市系统中城市人均第三产业产值( $A_6$ )、城市人口密度( $A_2$ )、城市人均 GDP( $A_4$ )、城镇常住人口( $A_1$ )、建成区经济密度( $A_{11}$ )等五项指标,在各省(区)前 5 位障碍因子中分别出现了 5 次、5 次、4 次、4 次、4 次,因此将这 5 项指标作为该时段从城市系统阻碍城乡耦合协调程度提高的主要因素(表 3)。2010—2019 年,乡村系统中乡村人均可支配收入( $B_4$ )、乡村常住人口( $B_1$ )、每万人拥有乡村文化站个数( $B_8$ )、乡村每万人医生数( $B_6$ )、乡村人均农林牧渔业产值( $B_3$ )等五项指标,在各省(区)前 5 位障碍因子中分别出现了 6

次、5 次、5 次、4 次、4 次,因此将这 5 项指标作为该时段从乡村系统阻碍城乡耦合协调程度提高的主要因素。与上阶段相比,该阶段影响因素发生了较为明显的变化,主要影响因素多来源于经济层面。这是因为随着人口增长,城乡发展负面效应开始显现,城乡人口激增与经济发展水平相对滞后的矛盾对城乡系统产生了巨大的扰动,使得经济指标成为了该阶段城乡耦合协调程度降低的主要影响因素。因此,调整城市产业结构、促进乡村一二三产业融合发展以提高经济发展水平,对实现城乡协调发展十分关键。

表3 2010—2019年黄河流域城乡耦合协调度前五位显著障碍因子

| 省份  | 城市系统            |                 |                 |                 |                 | 乡村系统            |                 |                 |                |                |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|     | 第一障碍            | 第二障碍            | 第三障碍            | 第四障碍            | 第五障碍            | 第一障碍            | 第二障碍            | 第三障碍            | 第四障碍           | 第五障碍           |
| 青海  | A <sub>2</sub>  | A <sub>4</sub>  | A <sub>6</sub>  | A <sub>11</sub> | A <sub>5</sub>  | B <sub>6</sub>  | B <sub>3</sub>  | B <sub>4</sub>  | B <sub>7</sub> | B <sub>5</sub> |
| 甘肃  | A <sub>2</sub>  | A <sub>8</sub>  | A <sub>12</sub> | A <sub>1</sub>  | A <sub>10</sub> | B <sub>1</sub>  | B <sub>10</sub> | B <sub>8</sub>  | B <sub>2</sub> | B <sub>9</sub> |
| 宁夏  | A <sub>6</sub>  | A <sub>7</sub>  | A <sub>8</sub>  | A <sub>4</sub>  | A <sub>9</sub>  | B <sub>10</sub> | B <sub>3</sub>  | B <sub>8</sub>  | B <sub>4</sub> | B <sub>9</sub> |
| 内蒙古 | A <sub>1</sub>  | A <sub>10</sub> | A <sub>7</sub>  | A <sub>6</sub>  | A <sub>11</sub> | B <sub>8</sub>  | B <sub>1</sub>  | B <sub>6</sub>  | B <sub>4</sub> | B <sub>5</sub> |
| 陕西  | A <sub>1</sub>  | A <sub>6</sub>  | A <sub>8</sub>  | A <sub>10</sub> | A <sub>4</sub>  | B <sub>1</sub>  | B <sub>3</sub>  | B <sub>8</sub>  | B <sub>6</sub> | B <sub>4</sub> |
| 山西  | A <sub>1</sub>  | A <sub>2</sub>  | A <sub>10</sub> | A <sub>12</sub> | A <sub>6</sub>  | B <sub>1</sub>  | B <sub>8</sub>  | B <sub>4</sub>  | B <sub>2</sub> | B <sub>7</sub> |
| 河南  | A <sub>11</sub> | A <sub>4</sub>  | A <sub>5</sub>  | A <sub>7</sub>  | A <sub>2</sub>  | B <sub>10</sub> | B <sub>3</sub>  | B <sub>4</sub>  | B <sub>6</sub> | B <sub>7</sub> |
| 山东  | A <sub>12</sub> | A <sub>11</sub> | A <sub>7</sub>  | A <sub>3</sub>  | A <sub>2</sub>  | B <sub>3</sub>  | B <sub>1</sub>  | B <sub>10</sub> | B <sub>5</sub> | B <sub>7</sub> |

注: A<sub>1</sub>城镇常住人口, A<sub>2</sub>城市人口密度, A<sub>3</sub>城市老年人口占比, A<sub>4</sub>城市人均GDP, A<sub>5</sub>城市人均第二产业产值, A<sub>6</sub>城市人均第三产业产值, A<sub>7</sub>每万人拥有公共交通工具, A<sub>8</sub>城市人均道路面积, A<sub>9</sub>城市用水普及率, A<sub>10</sub>城市建成区面积, A<sub>11</sub>建成区经济密度, A<sub>12</sub>城市人均绿地面积, B<sub>1</sub>乡村常住人口, B<sub>2</sub>乡村老年人口占比, B<sub>3</sub>乡村人均农林牧渔业产值, B<sub>4</sub>乡村人均可支配收入, B<sub>5</sub>乡村恩格尔系数, B<sub>6</sub>乡村每万人医生数, B<sub>7</sub>乡村人均固定资产投资额, B<sub>8</sub>每万人拥有乡村文化站个数, B<sub>9</sub>单位面积粮食产量, B<sub>10</sub>人均耕地面积。

(2) 不同省域城乡耦合的障碍因子差异分析。各省(区)在不同时段城乡发展耦合协调程度变化的影响因素存在明显差异,同时不同省域城乡发展耦合协调程度影响因素亦有不同。

青海和宁夏影响因素来源均由经济—社会复合型演变为经济单一型,城市系统中第三产业发展水平仍起重要作用,2010—2019年乡村系统中经济作用增强。甘肃省影响因素来源由人口—经济复合型演变为人口—土地复合型,城市的快速发展、乡村人口向城市的大量转移,加之甘肃特殊的地形条件,城市向外发展受限,土地因素对于城乡协调发展的阻碍作用增强。内蒙古和陕西影响因素来源均为经济—社会复合型,内蒙古地广人稀,人口和土地的影响作用弱,但经济社会发展水平较差;陕西作为西北地区较为发达省份,吸引大量外省人口进城务工,城市人口增加,引发城市内部空间过度拥挤、公共服务资源短缺等问题。山西省影响因素来源以人口子系统为主,山区面积占80%以上,农业自然灾害频繁,特殊地理及气候条件阻碍山西生产大宗农产品,农业发展较为困难,城市大量的就业机会吸引农村劳动力流入城市,使得乡村老年人口占比大。河南影响因素来源始终为经济子系统,河南为中国人口大省,经济总体发展水平较好,但人均经济发展水平较低。2010—2019年,山东省主要影响因素来源由经济子系统转变为土地子系统,山东省城市面积的不断扩张,使得农村耕地面积不断减少,过度的城市化、大量设施的建设,城市内部绿地面积减少,土地在城乡发展中的作用越来越大。

### 3.3.2 城乡耦合演变的外部影响因素

(1) 政策和区域规划对城乡耦合协调的促进作用。由黄河流域城乡耦合特征分析知,城乡耦合变动方向在很大程度上受城乡政策的引导,即国家宏观城

乡政策和局部地区的区域政策及规划对黄河流域城乡耦合协调程度演化的指导作用十分明显。2000年以来,我国城乡发展政策关注焦点经历了从“城乡统筹发展”到“城乡一体化发展”再到“城乡融合发展”的一系列演变,突显了城乡协调发展的重要性。城乡政策的变化(表4),从侧面促进了黄河流域城乡协调发展水平的提高。同时,局部地区的区域政策对城乡协调发展也起着重要的促进作用,如内蒙古为了加快形成城乡互补、共同繁荣的新型城乡关系,提出建立健全城乡要素合理配置体制机制、推进城乡基本公共服务共建共享和基础设施互联互通、促进农村牧区经济多元化发展等实施意见,山东省从促进农业转移人口高质量市民化、优化城镇布局形态、加快推进城乡融合发展等6个方面提出了28项具体任务以促进城乡融合发展,此外,获得国家批复的区域规划也对当地城乡协调发展起到了巨大的推动作用。

(2) 资源禀赋对城乡耦合格局的固化作用。黄河流域横跨我国东、中、西三大地理阶梯,流域上、中、下游地区自然资源和社会经济资源禀赋差异明显,资源禀赋不同,城乡发展的起点亦不同,这在很大程度上导致了黄河流域城乡耦合协调度形成从上游到下游逐级递增的阶梯式空间格局。在城乡发展的初始阶段,资源禀赋的优劣主要体现在自然资源方面,但随着社会进步、经济发展,经济社会资源在城乡发展中的作用逐渐占据主导地位,如2000年以来,城乡耦合协调高水平区主要为黄河下游的山东省,中上游地区自然资源虽较为丰富,但由于生态环境脆弱,受国家生态保护和产业政策等的影响,资本、人才和技术等要素集聚度低,城乡协调发展水平低。2000—2019年期间,黄河流域人口与经济(GDP)占流域总人口比重的空间分布状况均为上游<中游<下游(图5)。以

2019 年为例,上、中、下游地区人口占流域总人口的比重分别为 18.50%,22.09%,59.4%,GDP 占流域 GDP 总量的比重分别为 16.26%,21.33%,62.42%。流域内部无论是人口还是经济,资源禀赋差距较大,而

劳动力资源是区域发展的关键性因素之一,区域发展的速度和质量在很大程度上取决于资金拥有量,故黄河流域上、中、下游地区所存在的资源禀赋差异对流域内部城乡发展格局存在固化作用。

表 4 2000 年以来我国城乡发展相关政策

| 年份   | 关注焦点  | 相关内容   |
|------|-------|--|
| 2002 | 城乡统筹  | 2002 年 11 月中共“十六大”提出,要统筹城乡经济社会发展   |
| 2008 | 城乡一体化 | 中共十七届三中全会通过《中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定》,第一次提出“城乡一体化”概念                          |
| 2013 | 美丽乡村  | 农业部于 2013 年启动了“美丽乡村”创建活动   |
| 2014 | 新型城镇化 | 2014 年 1 月出台《国家新型城镇化规划》明确了新型城镇化建设目标、战略重点和配套制度安排                              |
| 2017 | 乡村振兴  | 2017 年 10 月习近平同志在中共“十九大”报告中指出实施乡村振兴战略,把乡村发展提到了一个新的高度                         |
| 2019 | 城乡融合  | 2019 年 5 月公开发布《中共中央国务院关于建立健全城乡融合发展体制机制和政策体系的意见》,强调破除户籍、土地、资本等体制机制弊端,促进城乡融合发展 |

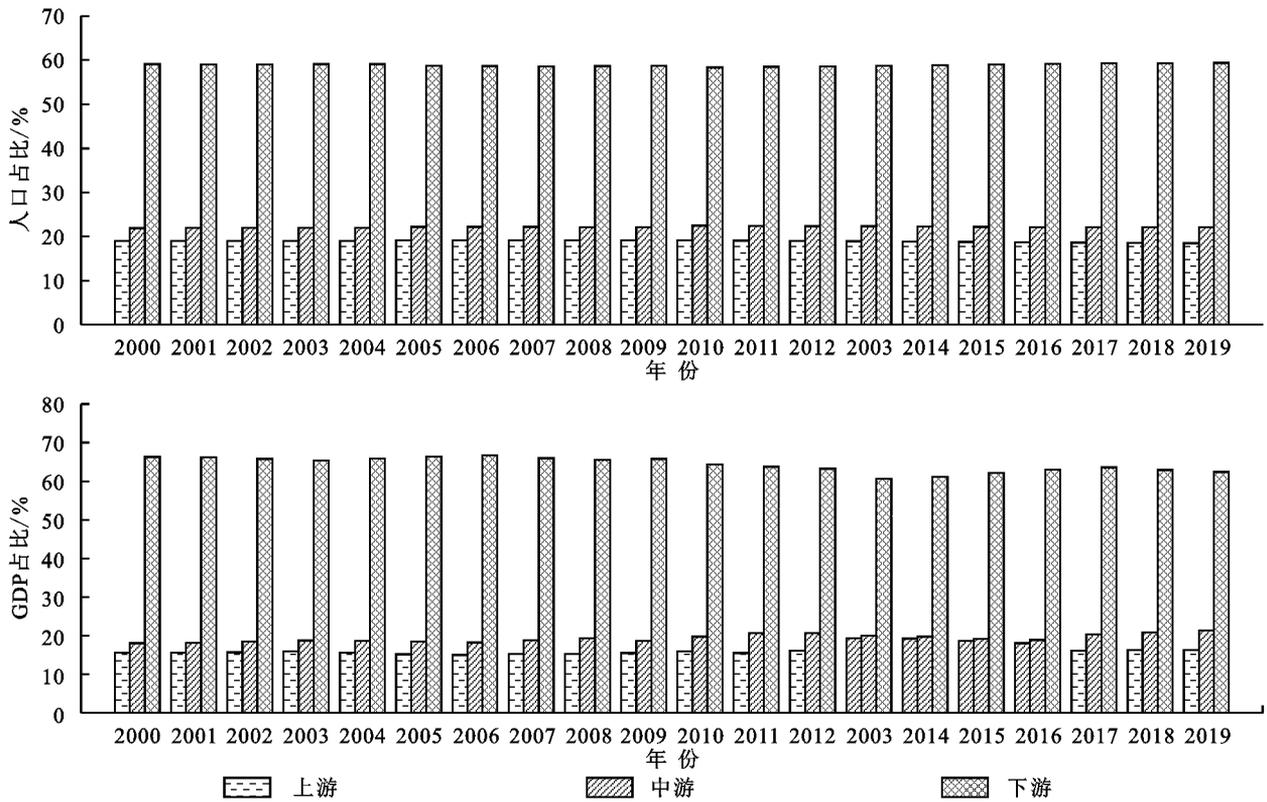


图 5 2000—2019 年黄河流域上、中、下游人口占流域总人口比重与 GDP 占流域 GDP 总量比重

## 4 结论

(1) 研究期内黄河流域城市、乡村综合发展水平均呈现增长趋势,分别由 0.34,0.35 增至 0.43,0.4,城乡发展状况总体向好,空间格局也趋于一致,总体均呈中下游地区高于上游地区的格局。山东既是城市综合发展水平高值区域,又是乡村综合发展水平高值区域;甘肃既是城市综合发展水平低值区域,又是乡村综合发展水平低值区域。

(2) 时间维度上,黄河流域城乡耦合协调度整体呈现由“基本失调”向“基本协调”发展的上升特征,八

省(区)平均水平由 0.5 上升至 0.59;空间分布上,黄河流域城乡耦合协调度具有“东高西低”分布特征,空间差异明显,均呈现从上游到下游逐级递增阶梯式格局,城乡耦合协调度空间异质性突出。

(3) 从城市系统阻碍城乡耦合协调发展的主要因素由城市人口密度、城镇常住人口转变为城市人均第三产业产值、城市人均 GDP,从乡村系统阻碍城乡耦合协调发展的主要因素为经济领域的乡村人均可支配收入、乡村人均农林牧渔业产值,流域城乡耦合协调程度整体上主要受经济水平制约。各省(区)在不同时段城乡发展耦合协调程度变化的影响因素存

在明显差异,同时省域间城乡发展耦合协调程度影响因素亦有不同。青海和宁夏影响因素来源均由经济—社会复合型演变为经济单一型;甘肃省影响因素来源由人口—经济复合型演变为人口—土地复合型;内蒙古和陕西影响因素来源均为经济—社会复合型;山西省影响因素来源以人口子系统为主;河南影响因素来源始终为经济子系统;山东省主要影响因素来源由经济子系统转变为土地子系统。

(4) 黄河流域城乡耦合在很大程度上受国家政策及区域规划的影响,随着我国城乡发展政策越发注重城乡协调发展,城乡政策和局部地区的区域政策及规划对黄河流域城乡耦合协调程度演化起着重要的促进作用。黄河流域上、中、下游地区所存在的资源禀赋差异对流域内部城乡发展格局存在固化作用。

(5) 综上所述,在黄河流域生态保护和高质量发展及乡村振兴战略背景下,要提高黄河流域城乡协调发展水平,加快城乡融合发展,促进黄河流域生态环境改善,一是,对于经济发展落后、城乡发展差距大的严重失调区,应坚持“发展优先、保护并重”的原则。首先,在保护生态环境的基础上,有序推进城乡协调发展,结合地区特色资源,积极实施乡村振兴战略,打造乡村特色产业,提高流域乡村可持续发展能力。其次,合理调整城市产业结构,使产业结构与城市经济发展相协调,促进产业结构跨越式发展,创造城市经济发展新的增长点,同时,发挥城市对乡村地区的辐射带动作用,以城带乡助力乡村振兴。最后,强化生态环境治理,减少城乡发展对生态环境造成的破坏,着力缓解黄河流域面临的经济社会发展与生态保护之间的结构性矛盾,促进黄河流域高质量发展。二是,对于城乡发展水平较高、经济较为发达的协调发展区,应坚持“提质增效、重点发展”的原则,针对主要障碍因子采取具体应对措施。如山东省首先应严格控制城市内部无序扩张,加强城市生态环境整治,尤其是城市内部绿化建设。其次,加强乡村经济建设,促进乡村三产融合发展,提高村民人均收入水平。最后,应着力改变乡村社会发展落后现状,加大乡村基础设施建设投入,改善乡村人居环境,提升居民获得感与幸福感。

#### 参考文献:

[1] Warren R J, Reed K, Olejniczak M. Rural land use bifurcation in the urban-rural gradient[J]. *Urban Ecosystems*, 2018, 21(3):577-583.

[2] 张婧,李诚固.中国转型期中心城市城乡关系演变[J]. *地理学报*, 2012, 67(8):1021-1030.

[3] 王鹏飞.论北京乡村空间的商品化与城乡关系[J]. *地理学报*, 2013, 68(12):1657-1667.

[4] 刘彦随.中国新时代城乡融合与乡村发展[J]. *地理学报*,

2018, 73(4):637-650.

- [5] 张海朋,何仁伟,李光勤,等.大都市区城乡融合系统耦合协调度时空演化及其影响因素:以环首都地区为例[J]. *经济地理*, 2020, 40(11):56-67.
- [6] 修春亮,许大明,祝翔凌.东北地区城乡一体化进程评估[J]. *地理科学*, 2004, 24(3):320-325.
- [7] 吴燕,李红波.大都市城乡融合区空间演进及内在关联性测度:基于武汉市夜间灯光数据[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(1):13-23.
- [8] 徐维祥,李露,周建平,等.乡村振兴与新型城镇化耦合协调的动态演进及其驱动机制[J]. *自然资源学报*, 2020, 35(9):2044-2062.
- [9] 程叶青,邓吉祥.吉林省中部粮食主产区城乡系统耦合的关联分析[J]. *经济地理*, 2012, 32(1):126-130, 145.
- [10] 李静,刘自强,董国皇,等.宁夏县域经济发展的演变类型与城乡耦合协调发展分析[J]. *人文地理*, 2018, 33(2):68-75.
- [11] 周佳宁,邹伟,秦富仓,等.等值化理念下中国城乡融合多维审视及影响因素[J]. *地理研究*, 2020, 39(8):1836-1851.
- [12] 鲁莎莎,刘彦随,秦凡,等.环渤海地区农业地域功能演进及其影响因素[J]. *地理学报*, 2019, 74(10):2011-2026.
- [13] 李贝歌,胡志强,苗长虹,等.黄河流域工业生态效率空间分异特征与影响因素[J]. *地理研究*, 2021, 40(8):2156-2169.
- [14] 付含培,王让虎,王晓军.1999—2018年黄河流域 NDVI 时空变化及驱动力分析[J]. *水土保持研究*, 2022, 151(2):145-153, 162.
- [15] 贾松伟.黄河流域森林植被碳储量分布特征及动态变化[J]. *水土保持研究*, 2018, 130(5):78-82, 88.
- [16] 田智慧,张丹丹,赫晓慧,等.2000—2015年黄河流域植被净初级生产力时空变化特征及其驱动因子[J]. *水土保持研究*, 2019, 133(2):255-262.
- [17] 赵宏波,岳丽,刘雅馨,等.高质量发展目标下黄河流域城市居民生活质量的时空格局及障碍因子[J]. *地理科学*, 2021, 41(8):1303-1313.
- [18] 胡志强,苗长虹,熊雷雪,等.产业集聚对黄河流域工业韧性的影响研究[J]. *地理科学*, 2021, 41(5):824-831.
- [19] 刘琳轲,梁流涛,高攀,等.黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(1):176-195.
- [20] 王颖,刘航,陈晓红,等.城乡系统关联耦合的演化特征及地域类型划分:以东北三省为例[J]. *地理科学*, 2020, 40(7):1150-1159.
- [21] Cecilia T. Rural-urban interactions: A guide to the literature[J]. *Environment and Urbanization*, 2006, 10(1):147-166.
- [22] 杜国明,刘美.基于要素视角的城乡关系演化理论分析[J]. *地理科学进展*, 2021, 40(8):1298-1309.

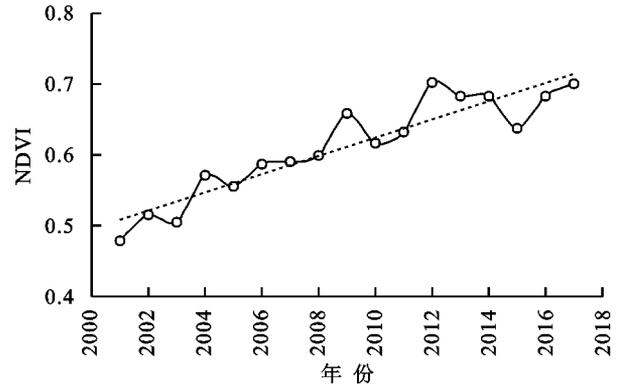
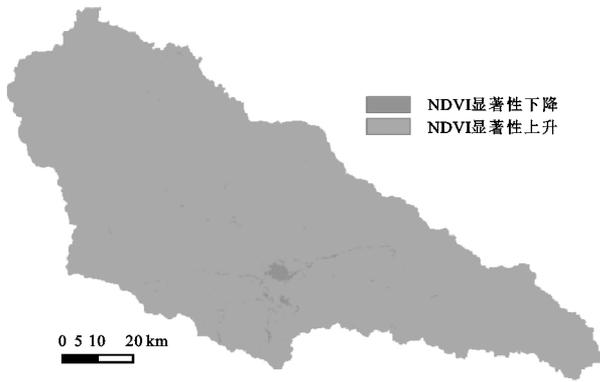


图 8 延河流域植被覆盖度的时空变化

### 3 结论

(1) 2001—2017 年延河流域平均产水系数的呈现波动增加趋势,但增加趋势不显著,且大部分区域变化幅度相对较小,倾向率介于 $-0.017\sim 0.031/10\text{ a}$ 。

(2) 延河流域生长季平均产水系数北向南、西向东逐渐增大。延河流域的生长季平均产水系数大部分区域存在不显著的上升趋势,西北部区域产水系数呈不显著的下降趋势,中部部分区域呈现显著的上升趋势。

(3) 就变化率而言,聚类分析的 1~4 类地区的产水系数趋势与降雨变化率和暴雨日数变化率呈正相关,与无雨日数和 NDVI 呈负相关。就多年平均值而言,平均产水系数与平均降雨量、暴雨日数和 NDVI 均呈现正相关关系,与无雨日数呈负相关关系。

#### 参考文献:

[1] 房平,马云,申杰,等.延河流域水生态环境存在问题及对策[J].人民黄河,2022,44(1):80-82,88.  
 [2] Shi C, Yuan S, Shi C, et al. Estimating the effect of precipitation and vegetation on water yield in northern China[J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2018,27(1):305-311.  
 [3] 许科研,方一平,鲍文.长江黄河源区降水量变化对水资源的影响[J].人民黄河,2010,32(5):21-22.

[4] Shi X, Qin T, Yan D, et al. Analysis of the Changes in the Water Yield Coefficient over the Past 50 Years in the Huang-Huai-Hai River Basin, China[J]. Advances in Meteorology, 2018,doi.org/10.1155/2018/6302853.  
 [5] Lu H, Yan Y, Zhu J, et al. Spatiotemporal water yield variations and influencing factors in the Lhasa River Basin, Tibetan Plateau[J]. Water, 2020,12(5):1498.  
 [6] 罗宇,尹殿胜,穆兴民,等.延河流域实际蒸散发时空特征及影响因素分析[J].中国水土保持科学,2021,19(4):51-59.  
 [7] 陈天林,徐学选,张北赢,等.黄土丘陵区刺槐生长季生态需水研究[J].水土保持通报,2008,28(2):54-57.  
 [8] 刘露,朱得胜,夏帆,等.延河流域土地利用变化特征分析[J].地理空间信息,2021,19(5):38-41.  
 [9] 顾朝军,穆兴民,孙文义,等.极端暴雨洪水及侵蚀产沙对延河流域植被恢复响应的比较研究[J].自然资源学报,2017,32(10):1755-1767.  
 [10] 刘强,穆兴民,赵广举,等.延河流域水沙变化及其对降水和土地利用变化的响应[J].干旱区资源与环境,2021,35(7):129-135.  
 [11] 陈中平,徐强. Mann-Kendall 检验法分析降水量时程变化特征[J].科技通报,2016,32(6):47-50.  
 [12] 李鸿雁,原若溪,王小军,等.吉林省泥石流易发区的降雨特征分析[J].自然资源学报,2016,31(7):1222-1230.  
 [13] 李燕,张凯瑞.黄土高原不同植被覆盖/土地利用等对蒸散发量的影响[J].人民黄河,2021,43(12):68-73.

(上接第 422 页)

[23] 卢阳春,高晓慧,刘敏,等.城乡发展系统耦合协调的效率漏损及时空分异研究:以四川省 21 市(州)数据为例[J].农村经济,2021,39(3):101-109.  
 [24] 周蕾,杨山,陈升,等.无锡市城乡系统耦合测度与耦合度变化规律研究[J].人文地理,2011,26(6):77-82.  
 [25] 杨娜曼,肖地楚,黄静波,等.城乡统筹发展视角下湖南省城乡协调发展评价[J].经济地理,2014,34(4):58-64.  
 [26] 徐勇,王传胜.黄河流域生态保护和高质量发展:框架、路径与对策[J].中国科学院院刊,2020,215(7):875-883.  
 [27] 郭付友,佟连军,仇方道,等.黄河流域生态经济走廊绿

色发展时空分异特征与影响因素识别[J].地理学报,2021,76(3):726-739.  
 [28] 何艳冰,黄晓军,杨新军,等.快速城市化背景下城市边缘区失地农民适应性研究:以西安市为例[J].地理研究,2017,36(2):226-240.  
 [29] 吴文恒,牛叔文,郭晓东,等.中国人口与资源环境耦合的演进分析[J].自然资源学报,2006,21(6):853-861.  
 [30] 王群,银马华,杨兴柱,等.大别山贫困区旅游地社会:生态系统脆弱性时空演变与影响机理[J].地理学报,2019,74(8):1663-1679.