

黄河流域城市群韧性水平评价及提升建议研究

贾书承, 那仁满都拉*, 高禄, 侯孟竹

内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古自治区蒙古高原灾害与生态安全重点实验室, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年1月6日; 录用日期: 2025年2月17日; 发布日期: 2025年2月27日

摘要

黄河流域作为北方发展的重要增长带, 其城市韧性提升对于建设黄河生态文明与高质量发展起到保障作用。本文以黄河流域城市群为研究对象, 选取2005~2020年城市面板数据, 建立经济、社会、基础设施和生态四大维度黄河流域城市韧性评价指标体系, 分析城市韧性水平的时空演化特征, 最后从黄河流域、七个城市群、城市群内部三个角度提出城市韧性提升对策建议。研究主要结论如下: (1) 在研究期间七大城市群及流域整体韧性水平呈现稳步增长趋势, 但不同城市群的增长速度也不同, 并随着时间变化韧性差异逐渐缩小; (2) 城市韧性水平空间特征是研究期前期“西部低, 东部高”、城市群内“核心-边缘”的分布格局较明显, 后期城市群之间和内部差异明显缩小; (3) 从韧性差异性及其影响因素来看, 差异来源于城市群内部的差异, 其中生态和社会韧性的影响度较大; (4) 研究表明流域整体进一步深化西部大开发的同时, 晋中城市群、吕梁和商洛等城市应大力加强韧性提升工作, 关中平原群需要注重内部协调发展。

关键词

城市韧性, 韧性评价, 韧性提升建议, 黄河流域城市群

Research on the Evaluation of Resilience Levels and Recommendations for Improvement in the Urban Agglomeration of the Yellow River Basin

Shucheng Jia, Narenmandula*, Lu Gao, Mengzhu Hou

Key Laboratory of Disaster and Ecological Security of the Mongolian Plateau of Inner Mongolia Autonomous Region, College of Geographical Sciences, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Jan. 6th, 2025; accepted: Feb. 17th, 2025; published: Feb. 27th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 贾书承, 那仁满都拉, 高禄, 侯孟竹. 黄河流域城市群韧性水平评价及提升建议研究[J]. 地理科学研究, 2025, 14(1): 94-103. DOI: 10.12677/gser.2025.141011

Abstract

The Yellow River Basin, as an important growth zone for northern development, plays a crucial role in enhancing urban resilience, which is essential for building ecological civilization and achieving high-quality development in the region. This study focuses on urban agglomerations in the Yellow River Basin, utilizing panel data from 2005 to 2020. It establishes a comprehensive evaluation index system for urban resilience across four dimensions: economy, society, infrastructure, and ecology. The analysis explores the spatiotemporal evolution characteristics of urban resilience levels. Finally, the paper offers recommendations for improving urban resilience from three perspectives: the Yellow River Basin as a whole, seven urban agglomerations, and the internal dynamics of these urban clusters. The main conclusions of the research are as follows: (1) During the study period, the overall resilience levels of the seven major city clusters and river basins showed a steady upward trend, although the growth rates varied across different city clusters, with resilience disparities gradually narrowing over time; (2) The spatial characteristics of urban resilience levels were notably marked by a pattern of “lower in the west and higher in the east” in the early stages of the study, as well as a “core-periphery” distribution within city clusters, although the differences between and within city clusters became less pronounced in later stages; (3) In terms of resilience disparity and its influencing factors, the variations largely stem from differences within the city clusters, particularly with significant impacts from ecological and social resilience; (4) The research indicates that while further deepening the western development strategy, cities such as Jinzhong, Lüliang, and Shangluo should vigorously strengthen their resilience enhancement efforts, and the Guanzhong Plain area needs to focus on internal coordinated development.

Keywords

Urban Resilience, Evaluation of Resilience, Recommendations for Improving Resilience, Urban Agglomerations in the Yellow River Basin

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黄河流域作为国家重点发展培育的区域，承担着生态保护与高质量发展的重大战略任务。而黄河流域城市群作为北方人口的高密度聚集区与经济发展重心区，分别集中了流域内 60% 的人口与 70% 的经济总量，已成为黄河流域最重要的区域社会经济载体，并在高质量发展中承担着重要支撑作用[1][2]。党的二十大报告首次提出“打造宜居、韧性、智慧城市”，国家十四五规划则提出要顺应城市发展新理念新趋势，建设创新绿色韧性城市。对黄河流域城市群进行韧性水平评价并提出针对性提升建议，这将为建设培育黄河流域生态文明与高质量发展起到保障作用。

现阶段关于黄河流域城市发展的研究主要集中在以下几方面。(1) 研究内容方面：如韧性时空分异[3]、经济韧性测度[4]、生态与经济耦合协调[5]，经济联系与网络结构比较[6]等；(2) 围绕城市韧性进行时空研究：如时空演化特征[7]、时空格局[8]、时空分异演进[9]等方面；(3) 研究方法主要有：熵值法[2]、障碍度模型[10]、探索性空间分析[11]、Dagum 基尼系数[12]等。当前黄河流域城市韧性研究逐渐从经济[13][14]、生态韧性[15]等单一影响方面转变多个影响方面的研究[16][17]；从单一城市群[18][19]或省域[20]研究逐渐扩展为黄河流域内七大城市群[21][22]。但由于黄河流域东西横跨面积大，并且区域内以中西部

欠发达地区居多，其资源禀赋分布极不均衡，区域发展差异较大，外部自然灾害与经济危机的吸收与抵抗能力也较差，流域整体韧性评价和影响要素选定方法等方面面临着局限性与挑战。

本文建立了一个涵盖经济、民生、基础设施和环境四个维度的韧性评价指标体系，以对黄河流域城市群的韧性水平及其时空演变进行评估。其次，对城市韧性差异性及其时空演变特征进行影响因素分析与合理性验证。最终，从黄河流域整体、七个城市群之间、城市群内部三个角度提出具体针对性的韧性提升对策建议。以期为黄河流域、城市群和城市高质量与可持续发展提供安全保障，并为城市规划与防灾能力提升提供有效具体的参考依据。

2. 研究区概况与数据来源

本文依据《国家新型城镇化规划(2014~2020)》与《城市群总体发展规划纲要》等文件，将包括黄河流域3个区域性城市群(山东半岛城市群、中原城市群，关中城市群)和4个地区性城市群(晋中城市群、呼包鄂榆城市群、宁夏沿黄城市群，兰西城市群)作为研究对象，共选取59个城市。

本文实验原始数据来源于2005~2020年的《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》，部分指标来自国家统计局网站及其政府公报等，对于个别缺失数据采用年均增长率补齐。

3. 构建指标体系与研究方法

3.1. 构建指标体系

现阶段城市群韧性评价目的不同，选取韧性评价指标也会有相应区别，一般以经济、社会、生态、基础设施、组织制度，灾情准备等指标要素为主[23]-[25]。本文借鉴已有研究成果，以安全韧性城市建设为理念，考虑指标选取的系统性、可得性和简明科学性等原则[26]，选取经济、社会、基础设施和生态四个韧性维度及其23个具体指标，构建黄河流域城市群韧性指标体系，选取指标及其含义如表1所示。

3.2. 研究方法

3.2.1. 纵横向拉开档次法

本文采用的纵横向拉开档次法是一种适用于面板数据的客观赋值权重法[27]。假设对 n 个被评价对象 v_1, v_2, \dots, v_n 在一段时间内 t_1, t_2, \dots, t_n 的某方面发展进行综合评价，基于构建的评价对象的评价指标体系，收集 n 个被评价对象在 t_1, t_2, \dots, t_n 时间内的 m 个评价指标的原始数据值，由此可以获得面板数据矩阵 $x_{ij}(t_k)$ ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, n$)。在这里采用极值法进行处理。首先进行无量纲化处理，公式如下：

$$x_{ij}^*(t_k) = \frac{x_{ij}(t_k) - \min x_j(t_k)}{\max x_j(t_k) - \min x_j(t_k)} \quad (1)$$

$$x_{ij}^*(t_k) = \frac{\max x_j(t_k) - x_{ij}(t_k)}{\max x_j(t_k) - \min x_j(t_k)} \quad (2)$$

式(1)(2)中 $x_{ij}^*(t_k)$ 表示标准化处理后 i 地区 j 指标的得分值， $x_{ij}(t_k)$ 表示 i 地区 j 指标的原始观测值。对标准化处理后的数据按照年份整理好，求出综合评价函数 $u_i(t_k) = \sum w_j x_{ij}^*(t_k)$ ，则各评价对象间的差异可用 $u_i(t_k)$ 总离差平方和来刻画，由于对原始数据的标准化处理，即 $\sum u_i = 0$ 。其中， $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 为指标权重系数向量可得：

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^n [u_i(t_k)]^2 = \sum_{k=1}^N [w^T H w] = w^T \sum_{k=1}^N H_k w = w^T H w \quad (3)$$

其中 H 为 $n \times n$ 阶对称矩阵, 而 $H_k = A_k^T A_k$ 。所以, 权重系数 w 的求解问题转化为在特定的条件下, w 取何值时 σ^2 最大, 求解(3)式。因此, 指标权重系数向量 w 计算公式为:

$$\begin{aligned} & \max w^T H w \\ & s.t. \begin{cases} w^T w = 1 \\ w > 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

3.2.2. 定基功效系数法

为了韧性水平跨年度可比, 本文以 2005 年为基期, 对样本数据采用定基功效法进行处理, 具体公式为:

$$s_{ij}(t_k) = \begin{cases} 10 \times \frac{x_{ij}(t_k) - \min x_j(t_k)}{\max x_j(t_k) - \min x_j(t_k)} \\ 10 \times \frac{\max x_j(t_k) - x_{ij}(t_k)}{\max x_j(t_k) - \min x_j(t_k)} \end{cases} \quad (5)$$

其中, $x_{ij}(t_k)$ 和 $w_{ij}(t_k)$ 分别表示第 i 个省份第 j 个指标在第 t_k 年度的原始数据和标准化的值, $\max[x_j(t_1)]$ 表示所有省份第 j 个指标在基期的最大值, $\min[x_j(t_1)]$ 与之相反。

计算第 i 个城市第 t_k 年的韧性水平 $Q_i(t_k)$ 公式为:

$$Q_i(t_k) = \sum_{k=1}^N w_j v_{ij}(t_k) \quad (6)$$

3.2.3. 泰尔指数

泰尔指数是分析地理空间差异的重要方法。可以把地理空间差异分解为组内差异和组间差异, 并计算各个地理单元对整个地理空间总体差异的贡献度来源, 算式如下:

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} \log \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) \quad (7)$$

其中, T 是城市韧性水平的泰尔指数, y_i 表示第 i 个城市群的韧性发展水平, \bar{y} 为黄河流域城市韧性发展的平均水平。 $T \in [0, 1]$, T 越大则表示流域的差异越大, 反之, 则表示差异越小。对流域整体的差异进行刻画后, 还需分析城市群间和城市群组内的差异性, 因此对于泰尔指数的分解尤为重要。如公式:

$$\begin{aligned} T &= T_b + T_w \\ &= \sum_{k=1}^K y_k \log \frac{y_k}{n_k/n} + \sum_{k=1}^K y_k \log \frac{y_k}{n_k/n} \end{aligned} \quad (8)$$

其中: $T_b = \sum_{k=1}^K y_k \log \frac{y_k}{n_k/n}$ 为流域间差异, $T_w = \sum_{k=1}^K y_k \log \frac{y_k}{n_k/n}$ 为流域内差异 $T_k = \sum_{i \in g_k} \frac{y_i}{y_k} \log \frac{y_i/y_k}{1/n_k}$ 为 k 组内差异, $k=1, 2, \dots, k$ 。

3.2.4. 地理探测器模型

利用地理探测器模型对黄河流域城市群城市韧性空间格局演变的影响因素进行探测与分析, 模型如下:

$$q(y|h) = 1 - \left[\sum_{h=1}^L (N_h \sigma_h^2) / (N \sigma^2) \right] \quad (9)$$

式中, $h=1, 2, \dots, L$ 为指标分类(采用五等分间距法); Y 为城市韧性测度值, Nh 为城市韧性评价指标个数, N 为评价单元数; 和 σ^2 分别是指标层 h 和全区 Y 值的方差。 q 值取值范围为 $[0, 1]$, 其值越大表示对黄河流域城市群城市韧性空间分异的解释力越强。

Table 1. Index system for comprehensive resilience evaluation of cities in the Yellow River Basin
表 1. 黄河流域城市韧性评价指标体系

目标层	准则层	指标	单位	权重值	指标含义
城市韧性	经济韧性	辖区人均 GDP	% (+)	0.133	生产产值总量
		辖区地均 GDP	% (+)	0.096	经济发展密度
		第三产业占比	% (+)	0.221	经济发展结构
		机构存款额/GDP	% (+)	0.075	经济冗余能力
		社会消费品零售总额/GDP	% (+)	0.089	经济活力强度
		财政收入/GDP	% (+)	0.135	经济发展强度
	社会韧性	职工平均工资	元/人(+)	0.197	居民收入水平
		科教支出占财政比	% (+)	0.147	科技投入强度
		教育支出占财政比	% (+)	0.239	教育投入强度
		师生比	% (+)	0.158	教育冗余度
	基础设施韧性	公共图书馆藏书总量	册, 件(+)	0.097	文化资源保障
		万人拥有病床数	张/万人(+)	0.230	医疗资源保障
	基础设施韧性	人均道路面积	m ² /人(+)	0.152	道路设施水平
		地均公用设施投资额	m ² /元(+)	0.084	设施投资强度
		燃气普及率	% (+)	0.402	燃气资源保障
		城市综合供水能力	万立方米/日(+)	0.128	供水资源保障
	生态韧性	公厕数	座(+)	0.070	卫生清洁能力
		人均客运次数	次/人(+)	0.137	交通便捷度
		绿化覆盖率	% (+)	0.281	城市绿化水平
		人均绿地面积	m ² /人(+)	0.169	生态保育能力
PM2.5		微克/立方米(-)	0.263	空气质量水平	
	垃圾无害化处理率	% (+)	0.411	废物回收利用	
	污水处理率	% (+)	0.324	污水处理能力	

4. 城市群韧性水平评价与时空演变特征

4.1. 城市群韧性水平时间演化分析

采用上述指标体系和研究方法, 对黄河流域城市群内 59 个城市 2005~2020 年数据进行韧性水平计算, 并进一步获取全体城市和七个城市群的平均值, 如图 1 所示。从图可知在研究期间七大城市群及流域整体韧性水平呈现稳步增长趋势, 其中整体流域平均值从 2005 年的 16.91 上升到 2020 年的 38.85, 能看出流域整体城市韧性水平快速稳定增长, 但不同城市群的增长速度也不同, 七大城市群里山东半岛和呼包鄂榆城市群的韧性水平较高, 在研究期初期开始山东半岛城市群展现出显著的领先优势, 并随时间发展长期保持高位, 该结果可能是由于研究区内唯一的沿海城市群的地理优势和成为联系京津冀与长三角两大世界级城市群的重要辐射节点有关。其次, 呼包鄂榆城市群在 2008 年开始韧性水平大幅度增长, 2011 年以后与山东半岛群几乎相持平。该趋势与我国房地产经济快速发展, 导致呼包鄂榆地区的能源需求量猛增时期和工业基础加快建设的实际情况比较符合。其他城市群是当地政策和经济发展水平不同, 韧性水平发展也不同, 但整体低于全流域平均水平, 并且城市群之间相差也不大, 但在 2017 年以后发展提速明显接近平均韧性水平。该结果可能与政府对于经济快速发展转为高质量发展的政策成效有关, 而导致七大城市圈的韧性水平差距也在逐渐缩小。

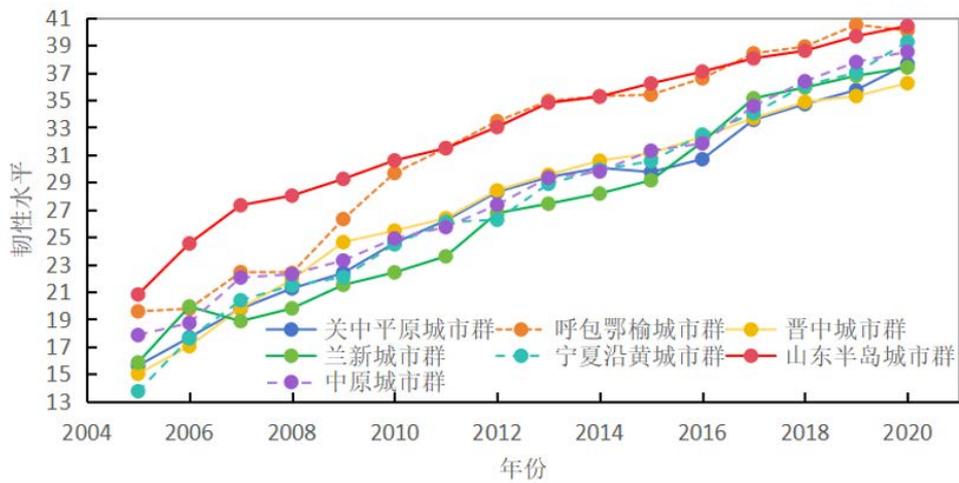


Figure 1. Time trend of overall resilience level of seven major urban agglomerations and watersheds
图 1. 七大城市群及流域整体韧性水平时间变化趋势

4.2. 城市群韧性水平空间特征分析

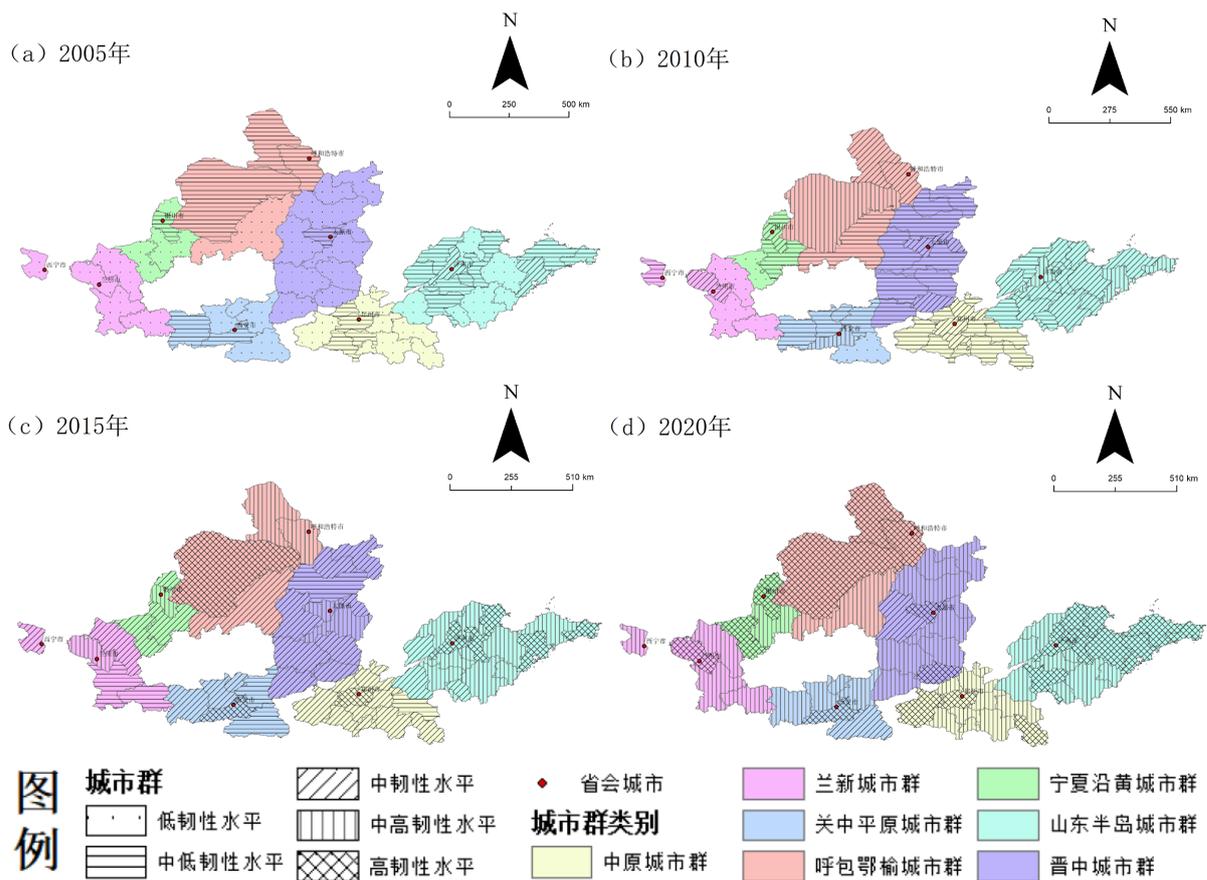


Figure 2. The spatial distribution trend of resilience level in the seven major urban agglomerations
图 2. 七大城市群韧性水平空间分布变化趋势

采用 k-means 聚类分析法，将 2005~2020 年内的黄河流域全体城市韧性水平分为五个等级，计算出

七大城市群韧性水平空间分布变化趋势图(如图 2 所示)。

从整体流域看,在不同时间段内空间韧性差异性不同。2005~2015 年期间总体上流域东部处于韧性水平较高城市数量偏多,西部地区偏少趋势,但是在 2015 年后,东西地区之间的差异性有明显缩小的趋势。其次,不同城市群韧性发展水平在不同时期具有显著差异。总体上山东半岛和呼包鄂榆城市群在研究期限内一直处于黄河流域发展的核心梯队,其次为中原和宁夏沿黄城市群,西部的兰新城市群在 2010 年前一直处于流域韧性发展末位,但在 2020 年逐渐提升为中等趋势。在城市群内部角度看,韧性水平发展增长主要分布在由郑州、西安、青岛等省会城市或强经济城市构成的节点上,具有明显的“核心-边缘”特征。特别是在 2010~2020 年,中心城市的韧性水平对周边城市的韧性发展提升表现出明显的外溢效应,不同城市之间的韧性等级差异相对缩小,到 2020 年时除了吕梁与商洛市,全体城市已达到中高或高水平韧性水平。

5. 韧性水平影响因素分析及其提升对策建议

5.1. 韧性水平差异性定量分析

为了定量掌握七大城市群之间及其内部韧性差异与影响程度,采用泰尔指数[28]方法,计算了韧性水平发展的黄河流域总体、城市群间和内部的差异值及其贡献率,并进一步详细计算了每个城市群的内部差异性。首先由表 2 可知,从黄河流域 59 个城市的总体韧性差异看,泰尔指数由 2006 年的 0.037,经过 2012 至 2016 年的稳定期,之后缓慢下降至 2020 年的 0.037,研究期间整体韧性差异缩小约 1/6,说明发展水平落后城市或小城市得到快速发展。其次,从黄河流域城市群间角度看,在研究期城市群之间差异缩小约 1/10,这个趋势可能与西部大开发战略下,中西部城市群得到快速发展有关。从城市群间和城市群内贡献率能看出,城市群间韧性水平差异主要来源于城市群内部存在的差异导致,其贡献率几乎保持在 60%以上,特别是 2018 年高达 87.3%。在七大城市群里,关中平原城市群的内部差异值明显高于其他城市群的内部分异值,这意味着关中平原内部的城市韧性水平存在较大的不平衡发展。

5.2. 韧性水平影响因素分析

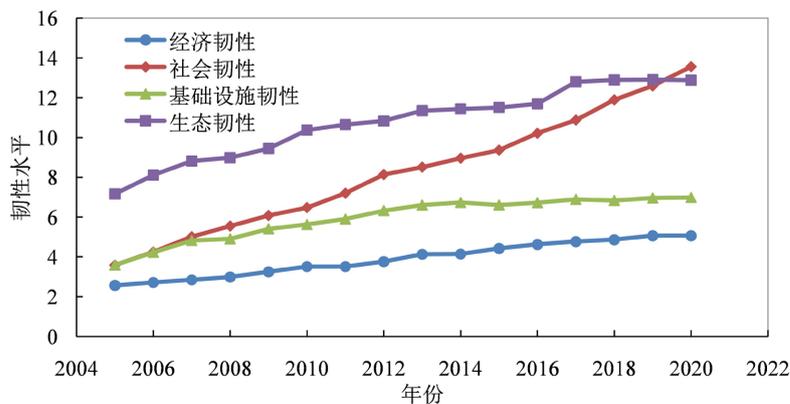


Figure 3. Trends in the level of various dimensions of urban resilience indicators
图 3. 四个韧性维度韧性水平变化趋势

本文通过经济、社会、基础设施、生态等四个韧性维度及其主要指标要素进一步分析对韧性水平影响程度。首先,采用地理探测器模型,对 2005、2010、2015、2020 年的 23 个指标因子进行地理探测,分析结果如表 3 所示。影响程度较大要素有生产产值总量、经济发展密度、居民收入水平、科技投入强度、设施投入强度、燃气资源保障、供水资源保障等指标。其次,计算了流域城市的不同维度韧性水平,由图 3 所示。在四个韧性维度里生态韧性影响度较大,2017 年以后进一步提升;其中社会韧性水平在研

究期间增长率最高，该趋势与国家对于社会建设的保障实际情况比较符合；而基础设施建设和经济建设速度分别位列第三、第四，基本保持稳定发展趋势。同时，计算了七大城市群的不同维度韧性水平，图4显示2020年七大城市群的各维度韧性水平，其中宁夏沿黄城市群的经济韧性偏低、中原和晋中城市群的社会韧性偏低、兰新城市群的生态韧性偏低。

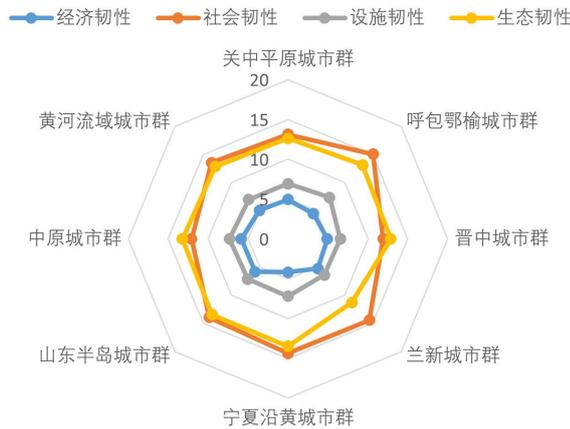


Figure 4. Trends in the level of various dimensions of urban
图 4. 2020 年七大城市群四个韧性维度韧性水平

Table 2. Differences and contributions in resilience level development of urban agglomerations
表 2. 城市群韧性水平发展差异及贡献度

年份	流域	城市群间	城市群内	兰新城市群	宁夏沿黄城市群	呼包鄂榆城市群	关中平原城市群	晋中城市群	中原城市群	山东半岛城市群									
年份	差异	差异值	贡献率	差异值	贡献率	差异值	贡献率	差异值	贡献率	差异值	贡献率								
2005	0.037	0.010	26.539	0.027	73.461	0.023	4.643	0.058	8.175	0.010	2005	0.037	0.027	73.461	0.010	26.539	0.023	4.643	0.058
2006	0.029	0.011	37.105	0.018	62.895	0.035	10.167	0.026	5.445	0.014	2006	0.029	0.018	62.895	0.011	37.105	0.035	10.167	0.026
2007	0.023	0.010	43.168	0.013	56.832	0.034	10.412	0.014	3.739	0.010	2007	0.023	0.013	56.832	0.010	43.168	0.034	10.412	0.014
2008	0.018	0.008	41.714	0.011	58.286	0.020	7.911	0.009	3.119	0.019	2008	0.018	0.011	58.286	0.008	41.714	0.020	7.911	0.009
2009	0.017	0.006	38.451	0.010	61.549	0.017	7.573	0.016	5.731	0.008	2009	0.017	0.010	61.549	0.006	38.451	0.017	7.573	0.016
2010	0.016	0.006	36.092	0.010	63.908	0.021	9.313	0.013	5.246	0.016	2010	0.016	0.010	63.908	0.006	36.092	0.021	9.313	0.013
2011	0.014	0.005	36.525	0.009	63.475	0.019	9.550	0.011	4.768	0.014	2011	0.014	0.009	63.475	0.005	36.525	0.019	9.550	0.011
2012	0.010	0.004	39.649	0.006	60.351	0.014	10.066	0.003	1.597	0.007	2012	0.010	0.006	60.351	0.004	39.649	0.014	10.066	0.003
2013	0.010	0.004	38.555	0.006	61.445	0.015	11.072	0.004	2.226	0.007	2013	0.010	0.006	61.445	0.004	38.555	0.015	11.072	0.004
2014	0.009	0.003	37.288	0.006	62.712	0.011	8.843	0.002	1.608	0.004	2014	0.009	0.006	62.712	0.003	37.288	0.011	8.843	0.002
2015	0.010	0.003	34.337	0.006	65.663	0.013	10.289	0.004	2.468	0.004	2015	0.010	0.006	65.663	0.003	34.337	0.013	10.289	0.004
2016	0.009	0.003	28.844	0.007	71.156	0.008	6.616	0.003	2.064	0.005	2016	0.009	0.007	71.156	0.003	28.844	0.008	6.616	0.003
2017	0.008	0.001	19.203	0.006	80.797	0.006	7.041	0.003	2.526	0.006	2017	0.008	0.006	80.797	0.001	19.203	0.006	7.041	0.003
2018	0.007	0.001	12.700	0.006	87.300	0.008	9.358	0.001	1.167	0.007	2018	0.007	0.006	87.300	0.001	12.700	0.008	9.358	0.001
2019	0.007	0.001	16.769	0.006	83.231	0.008	9.514	0.002	1.863	0.005	2019	0.007	0.006	83.231	0.001	16.769	0.008	9.514	0.002
2020	0.006	0.001	14.287	0.005	85.713	0.001	2.119	0.001	0.908	0.005	2020	0.006	0.005	85.713	0.001	14.287	0.001	2.119	0.001

Table 3. Detection results of factors affecting resilience level
表 3. 韧性水平影响因子探测结果

年份	1	2	3	4	5	6	7	8
2005	x ₁ (0.63)	x ₂₁ (0.63)	x ₁₇ (0.51)	x ₂ (0.51)	x ₁₄ (0.49)	x ₁₈ (0.41)	x ₅ (0.41)	x ₁₅ (0.40)

续表

2010	x ₁ (0.51)	x ₈ (0.51)	x ₂ (0.45)	x ₁₄ (0.4)	x ₇ (0.39)	x ₁₇ (0.37)	x ₂₁ (0.36)	x ₁₈ (0.36)
2015	x ₈ (0.57)	x ₁ (0.57)	x ₁₅ (0.53)	x ₁₄ (0.49)	x ₇ (0.48)	x ₂ (0.46)	x ₁₆ (0.35)	x ₆ (0.29)
2020	x ₁₅ (0.56)	x ₇ (0.42)	x ₁₆ (0.41)	x ₈ (0.39)	x ₂ (0.36)	x ₁ (0.33)	x ₆ (0.21)	x ₁₃ (0.20)

5.3. 韧性水平提升对策建议

在已有韧性水平时空特征和影响因素分析的基础上，以城市群、城市群内部和黄河流域整体角度提出韧性提升对策建议。

(1) 从城市群内部来看，关中平原群需要协调好核心城市与周边地区之间的发展。2020 年时吕梁和商洛市韧性等级最低，这两个城市代表了北方资源枯竭型与生态脆弱区城市的发展困境。吕梁作为资源枯竭型城市，要改变原来经济发展结构，寻求新的能源发展模式。商洛市作为自然环境险要的地区，需要保护当地环境，积极发展旅游业，减少人口外流现象。而中高韧性等级城市有 35 个，大部分分布在中心省会周围，下一步要积极围绕中心城市进行韧性城市建设。高等级城市有 22 个主要分布在省会与强经济城市，之后要继续发挥他们的带头作用。

(2) 七大城市群里，山东半岛和呼包鄂榆群需继续发挥韧性水平较高优势，带领黄河流域城市群整体发展。近几年，晋中城市群发展相对滞后，需要打破传统的“一煤独大”发展模式，加强社会韧性，同时注重基础设施建设和经济发展水平。

(3) 黄河流域整体来看，在研究期间呈现东高西低的分布特征，但近几年整体韧性差异明显缩小，应进一步深化西部大开发对于中西部流域城市的建设，并注重东部城市的对外开放水平，带动整体流域的发展。此外，国家层面的政策支持和区域协调机制对于黄河流域的整体发展至关重要，需要通过政策引导和区域合作，促进上中下游的资源的合理配置和优势互补。

6. 结论

本文以黄河流域的城市群为研究对象，构建了涵盖经济、社会、基础设施和生态四个维度的城市韧性指标体系。通过对 2005~2020 年期间韧性水平的时空演变进行评价及其影响因素分析，从黄河流域整体、七个城市群之间、城市群内部三个角度提出具体针对性的韧性提升对策建议。主要结论如下。

(1) 在研究期间，黄河流域七大城市群韧性水平呈现稳步增长趋势，但各城市群增长速度具有差异，其中山东半岛和呼包鄂榆城市群的韧性水平较高，但七个城市群间的差距随着时间发展逐渐缩小。

(2) 黄河流域城市韧性水平空间特征，在研究前期“西部低，东部高”、城市群内“核心高，边缘低”的分布格局较明显，后期流域整体、城市群之间和内部差异明显缩小。

(3) 从城市韧性的差异性和影响因子分析中发现，城市群和城市整体的韧性水平差异呈现逐年缩小趋势。该差异贡献主要来源于各城市群内部差异，其中关中平原城市群内部差异最为显著。流域整体韧性发展对生态和社会韧性的影响较大。影响程度较大要素有生产产值总量、经济发展密度、居民收入水平、设施投入强度等。

(4) 黄河流域城市韧性提升需要协调好七大城市群中核心省会城市与周边城市的发展，并且发挥好区域重点城市群的领头作用，对于韧性水平落后城市群与城市群内部差异较大的地区需要重点攻坚。同时流域整体也需要进一步深化西部大开发对于中西部流域城市的建设，并注重提高东部城市的对外开放水平，从而带动整体流域的发展。

城市群规划中所包含的一些自治州县等地由于在研究期限内城市等级且随时间会有一定程度的改变，其研究范围尚存在不连续性与缺漏。此外，对于影响各城市群的因素并未深入探究，无法精确定量各城

市群的交互影响因素，下一步需要继续对这些方面去研究。

基金项目

中央引导地方科技发展资金项目(2024ZY0112), 内蒙古自治区自然科学基金项目(2024LHMS04023), 内蒙古师范大学基本科研业务费项目(2022JBZH011)。

参考文献

- [1] 方创琳. 黄河流域城市群形成发育的空间组织格局与高质量发展[J]. 经济地理, 2020, 40(6): 1-8.
- [2] 马海涛, 徐植飏. 黄河流域城市群高质量发展评估与空间格局分异[J]. 经济地理, 2020, 40(4): 11-18.
- [3] 张筱娟, 汤琪凤, 张镇. 黄河流域城市韧性空间分异特征及其影响因素识别[J]. 地域研究与开发, 2022, 41(6): 48-54.
- [4] 王鑫源, 夏安桃. 黄河流域资源型城市经济韧性测度及障碍度分析[J]. 内江师范学院学报, 2022, 37(8): 85-92, 100.
- [5] 孙久文, 崔雅琪, 张皓. 黄河流域城市群生态保护与经济发展耦合的时空格局与机制分析[J]. 自然资源学报, 2022, 37(7): 1673-1690.
- [6] 陈小宁, 白永平, 宋龙军, 高祖桥. 黄河流域中上游四大城市群经济联系和网络结构比较分析[J]. 地域研究与开发, 2021, 40(4): 18-23.
- [7] 王璇, 史佳璐, 慈福义. 黄河流域城市群韧性的时空演化特征[J]. 统计与决策, 2022, 38(5): 70-74.
- [8] 杨丽莎, 陈妍, 谢会强. 黄河流域城市群生态韧性的时空格局与驱动因素分析[J]. 生态经济, 2024, 40(2): 99-108.
- [9] 赵景峰, 李妍. 黄河流域城市群综合承载力评价及时空分异演进[J]. 生态经济, 2022, 38(2): 75-83, 97.
- [10] 吴尚, 翟彬, 程利莎. 黄河流域城市群创新能力测度及空间分异研究[J]. 干旱区地理, 2024, 47(4): 720-732.
- [11] 江孝君, 王小艳, 邸迎伟, 高超. 黄河流域高质量发展时空格局及驱动机制研究[J]. 资源开发与市场, 2024, 40(3): 388-400.
- [12] 张明斗, 杨雨欣. 黄河流域城市产业结构生态化的时空格局及影响因素[J]. 中国沙漠, 2024, 44(3): 108-118.
- [13] 刘同超, 吴丹. 黄河流域城市经济韧性与生态韧性的耦合协调关系研究[J]. 人民黄河, 2024, 46(3): 6-11.
- [14] 张跃胜, 谭宇轩, 金文俊. 黄河流域城市经济韧性影响因素分析与路径识别: 基于动态 QCA 的考察[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2024, 44(3): 37-53.
- [15] 张明斗, 任衍婷, 周亮. 黄河流域城市生态韧性时空演变特征及影响因素分析[J]. 干旱区地理, 2024, 47(3): 445-454.
- [16] 刘贺贺, 孙萌, 特木尔高力图, 阿拉坦敖都. 黄河流域城市韧性评估及优化路径研究[J]. 内蒙古民族大学学报(社会科学版), 2023, 49(1): 74-84.
- [17] 周成, 张旭红, 张倩, 柳炳华. 黄河流域“五位一体”综合评价体系建构与空间差异研究[J]. 中国沙漠, 2021, 41(4): 1-11.
- [18] 史玉芳, 牛玉. 关中平原城市群韧性空间关联网络及其影响因素研究[J]. 干旱区地理, 2024, 47(2): 270-280.
- [19] 王松茂, 牛金兰. 山东半岛城市群城市生态韧性的动态演化及障碍因子分析[J]. 经济地理, 2022, 42(8): 51-61.
- [20] 宁静, 朱冉, 张馨元, 陈凯. 内蒙古区县城城市韧性评价与分析[J]. 干旱区地理, 2023, 46(7): 1217-1226.
- [21] 王松茂, 宁文萍, 牛金兰, 安康. 黄河流域城市生态韧性时空分异及收敛研究——基于七大城市群 61 个城市的实证分析[J]. 干旱区地理, 2024, 47(1): 93-103.
- [22] 刘玘玘, 刘书芳. 黄河流域城市群生态韧性时空演化及提升路径研究[J]. 环境科学研究, 2024, 37(7): 1534-1545.
- [23] 程朋根, 付家能, 李聪毅, 陈晓勇. 城市韧性量化评估研究进展[J]. 灾害学, 2023, 38(3): 139-147.
- [24] 高祿, 那仁满都拉, 郭恩亮, 王永芳, 董金义, 贾书承. 基于绿色与安全理念的城市韧性评价研究——以呼和浩特市街道为例[J]. 灾害学, 2024, 39(1): 216-221.
- [25] 李亚, 翟国方. 我国城市灾害韧性评估及其提升策略研究[J]. 规划师, 2017, 33(8): 5-11.
- [26] 刘严萍, 王慧飞, 钱洪伟, 王勇. 城市韧性: 内涵与评价体系研究[J]. 灾害学, 2019, 34(1): 8-12.
- [27] 聂长飞, 简新华. 中国高质量发展的测度及省际现状的分析比较[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(2): 26-47.
- [28] 胡志远, 欧向军. 基于泰尔指数的江苏省区域差异多指标测度[J]. 经济地理, 2007, 27(5): 719-724.