

黄河流域城市安全韧性与发展耦合协调分析

王海申, 贺山峰*

曲阜师范大学地理与旅游学院, 山东 日照

收稿日期: 2022年2月23日; 录用日期: 2022年4月2日; 发布日期: 2022年4月12日

摘要

构建新发展格局、实现高质量发展必须坚持统筹发展与安全。以黄河流域35座城市为研究对象, 构建综合评价指标体系及熵权-TOPSIS模型, 分别对黄河流域各城市的安全韧性和经济发展水平进行测算, 并基于耦合协调模型重点分析二者的协调度。结果显示: ① 黄河流域各城市安全韧性值差异较大, 整体呈现出下游城市韧性高于上中游城市的空间分布特征, 上、中、下游城市韧性平均值分别为0.308、0.204和0.340。② 黄河流域城市经济发展表现出不平衡性, 下游城市经济发展水平明显高于上中游城市; 局部空间则为中心城市经济发展优于外围城市。③ 黄河流域各城市安全韧性与经济发展的协调度总体较低, 目前仅有郑州、济南两座城市达到高级协调; 多数城市已经进入安全韧性与经济发展的调适阶段, 亦有少数城市尚停留于难以协调甚至互为拮抗的阶段。

关键词

城市安全, 黄河流域, 城市韧性, 经济发展水平, 耦合协调度

Coupling and Coordination Analysis of Urban Security Resilience and Economic Development in the Yellow River Basin

Haishen Wang, Shanfeng He*

School of Geography and Tourism, Qufu Normal University, Rizhao Shandong

Received: Feb. 23rd, 2022; accepted: Apr. 2nd, 2022; published: Apr. 12th, 2022

*通讯作者。

Abstract

To build a new pattern of development and achieve high-quality development, we must ensure overall development and safety. Taking 35 cities in the Yellow River basin as the research objects, the comprehensive evaluation index system and Entropy right-TOPSIS model were constructed, measuring the safety toughness and economic development level of the cities in the Yellow River basin respectively, and analyzing the coordination degree of the two based on the coupling coordination model. The results show that: 1) The safety resilience of cities in the Yellow River Basin varies greatly, and the spatial distribution of the resilience of cities in the lower reaches is higher than that of cities in the upper and middle reaches. The mean values of resilience of cities in the upper, middle and lower reaches are 0.308, 0.204 and 0.340, respectively. 2) The economic development of cities in the Yellow River Basin is unbalanced, and the economic development of cities in the lower reaches is higher than that of cities in the upper and middle reaches. In some areas, the economic development of central cities is better than that of peripheral cities. 3) The coordination degree of security resilience and economic development of all cities in the Yellow River Basin is generally low, with only Zhengzhou and Jinan achieving high coordination; Most cities have entered the stage of adjustment between resilience and economic development, while a few cities are still at the stage of difficulty or even antagonism.

Keywords

Urban Security, Yellow River Basin, Urban Resilience, Level of Economic Development, Coupling Degree of Compatibility

Copyright © 2022 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

安全是城市的生命,是现代化城市的第一要素,是城市高质量发展的重要保障。伴随着全球环境变化和城市化进程,城市灾害的孕育机制、成灾机理、损失构成与影响范围等特征都发生了显著变化[1],自然灾害、事故灾难、公共卫生等城市各类突发事件风险在不断增大。近些年来,我国城市安全发展水平整体有所提升,但城市安全基础还很薄弱,安全水平与现代化城市发展要求不适应、不协调的问题比较突出,给城市高质量发展和社会可持续发展带来了严重威胁。

近年来,部分国际组织和发达国家积极推进安全韧性城市建设,将提升城市韧性作为研究城市安全的新视角和应对灾难威胁的新手段[2],这一观点正被越来越多的学者和决策者认可。城市韧性理论起源于西方,加拿大生态学家 Holling 首次在生态学领域提出“韧性”的概念,用来衡量生态系统自身的稳定性与防御能力[3]。此后,韧性这一理念便逐渐从自然生态学跨越到人类生态学中,并经历了由工程韧性向生态韧性的演变[4] [5]。2002年倡导地区可持续发展国际理事会(ICLEI)首次提出“韧性城市”议题,将其引入到城市减灾防灾研究中[6]。随后,关于韧性城市的研究逐渐在国际社会开展起来,并进一步应用于城市规划中。2013年,洛克菲勒基金会开展名为“全球韧性城市100强”的活动,旨在促进全球城市的安全建设,应对21世纪的各种风险性挑战。城市韧性作为一种提升安全系数的新思路,重点提升城市系统自身的组织功能和协调适应能力[7]。联合国2030年持续发展目标中提出将“安全性、包容性、可

塑性、韧性”作为衡量城市发展的重要标准[8]。

我国对城市安全韧性的研究介入较晚,但近些年进展快速。国内学者主要从韧性城市内涵、城市韧性评价、影响因素以及提升对策等多个方面展开研究。在韧性城市内涵方面,范维澄将安全韧性城市定义为可吸收未来对其社会、经济、技术系统和基础设施的冲击和压力,且仍能维持基本相同的功能、结构、系统和身份的城市[9];吴绍洪等认为韧性城市具备较强的自组织能力、抵抗和吸收外部扰动的能力、快速适应环境变化的能力,以及面对灾害时维持功能和系统结构稳定并快速恢复的能力[10]。在城市韧性评价方面,学者们主要从基础设施、社会、经济、组织机构、环境生态等方面构建城市韧性评价指标体系,并采用AHP法、熵权法等进行加权计算[11][12]。在韧性影响因素方面,学者们认为影响城市韧性的内部因素主要包括城市自身的基础设施完备度[13]、生态系统运行状况[14]、城镇化发展水平[15]等,城市韧性与上述内部因素之间存在显著的正相关关系。城市若能加大在相关领域的投入力度,城市安全韧性将得到极大提高。城市韧性面临的外部因素则主要有气候变化[16]、自然灾害[17]等。这些外部因素的剧烈变化会加大城市运行中的安全风险,甚至给城市带来灾难,故城市要在相关领域开展针对性措施。在韧性提升对策方面,我国学者根据城市自身复杂性、开放性与综合性特点,对不同城市提出了不同的提升方案。

总体来看,国内学者对城市安全韧性的研究已较为丰富,但对城市安全韧性与经济发展之间关系的研究相对较少。虽然也有学者对二者关系作过探讨,但大都停留在经济基础对城市韧性的单向作用,较少深入分析经济发展与城市韧性之间的双向相互作用,尤其是二者的耦合协调关系。党的十八大以来,习近平总书记多次强调要坚持统筹发展和安全两件大事,正确处理好发展和安全之间的关系,实现高质量发展和高水平安全良性互动。基于此,本研究选择黄河流域城市为研究区,借助历史灾情和统计年鉴等数据,从韧性城市建设的前瞻性视野出发,围绕城市韧性的概念内涵,首先建立城市韧性综合分析框架。在城市韧性分析框架的基础上,构建城市韧性评价指标体系和评估模型,结合各城市社会经济等数据资料,测度黄河流域35个地级市的城市韧性水平,分析黄河流域城市韧性与经济发展之间的耦合协调度,因地制宜地提出不同城市的韧性提升路径,以期为提高黄河流域城市韧性整体水平提供科学依据和参考。

2. 城市安全韧性与经济发展的关系

城市安全韧性与经济发展相互影响、相互依存,二者存在着耦合协调的关系。

经济发展对城市安全韧性的影响主要包括两个方面。一方面,经济发展是城市安全韧性提高的基础和动力。城市安全系统运行离不开坚实的物质基础,经济发展为城市安全系统建设提供了充足资金。经济越发达,城市才有充裕的资金投入到安全建设中去。世界上安全指数最高的几座城市如东京、新加坡、阿姆斯特丹等同时也是经济发达的城市,拥有健全的公共安全设施和高效的安全运行系统。此外,经济发展还能够吸引人才,培育创新能力,为城市安全建设提供注入更多活力。但是另一方面,经济快速发展的同时也有可能降低城市韧性,危害城市安全。例如发展重化工业会污染环境、城市化过程改变了城区孕灾环境,都会在一定程度上降低城市对极端天气和自然灾害的抵御能力。

城市安全韧性对经济发展具有重要保障作用。城市安全、高效地运转能够保障经济平稳发展。城市安全韧性的重要意义在于它能为城市的运行提供平稳、健康的环境,对外增强城市系统防御能力,抵抗极端天气、自然灾害的冲击,对内减少安全事故,保障自身良性运转,从而更好地吸引资金、人才流入,促进经济发展。而一旦城市安全韧性度过低,城市的运行就容易处于一种无序、混乱地状态。城市对外无法抵抗自然灾害的威胁,对内也会增加安全事故甚至恶化治安环境,给经济发展带来损失。

城市安全韧性与经济发展之间存在着复杂的相关性,保障城市安全发展关键是要协调好城市安全与经济发展,形成城市发展的安全屏障体系,使城市系统能够在以安全为保障的前提下实现高质量建设。

3. 研究区概况与数据、方法

3.1. 研究区域概况

黄河流经 9 省(区)、66 个地(市、州、盟), 流域面积达 79.5 万平方公里。本文参照黄河水利委员会制定的流域范围, 以地级市为研究尺度, 选取了兰州、白银、中卫、吴忠、银川、石嘴山、乌海、鄂尔多斯、巴彦淖尔、包头、呼和浩特、榆林、延安、渭南、忻州、吕梁、临汾、运城、三门峡、洛阳、济源、焦作、郑州、新乡、开封、濮阳、菏泽、济宁、泰安、聊城、济南、德州、滨州、淄博、东营共 35 个沿黄主要城市作为研究对象, 部分距离黄河较远和数据缺失的城市未被列入研究对象(见图 1)。

黄河流域面临着严重的城市安全和经济发展不平衡且产业结构亟需转型升级的问题。1) 黄河流域的城市安全问题主要来自于洪涝、环境污染、生态脆弱三大灾害风险[18]。黄河流域的洪涝灾害主要受气候变化、水沙关系变化两大因素的影响。一方面, 气候变化影响了降水因子。黄河流域自 2010 年后降水量明显增加, 进入丰水期, 洪涝灾害风险也随之增加。另一方面, 气候变化也增加了下游凌汛的风险。环境污染主要由沿岸城市大规模开采矿产资源和重化工业所致。大规模开采矿产资源造成严重的水土流失, 冶金冶铁又排放大量污水, 最终导致了黄河流域严重的环境污染。黄河流域目前有严重的生态脆弱问题, 一是黄河上游的生态系统薄弱, 局部草地生态功能严重退化; 二是产业结构不合理, 冶炼、采煤等企业排放污水, 污染支流; 三是流域河流断面比较高[19]。此外, 黄河三角洲还存在着严重的海岸侵蚀、海平面上升、风暴潮等灾害[20]。2) 截止到 2019 年, 黄河流域承载了全国 12% 的人口、15% 的耕地和 26.7% 的 GDP 总值, 是我国重要的经济发展带。但目前黄河流域多资源型城市, 经济发展过度依靠采矿业、重化工业等高污染产业, 发展过程中造成了极大的环境污染和资源浪费, 也导致了一系列城市安全问题。

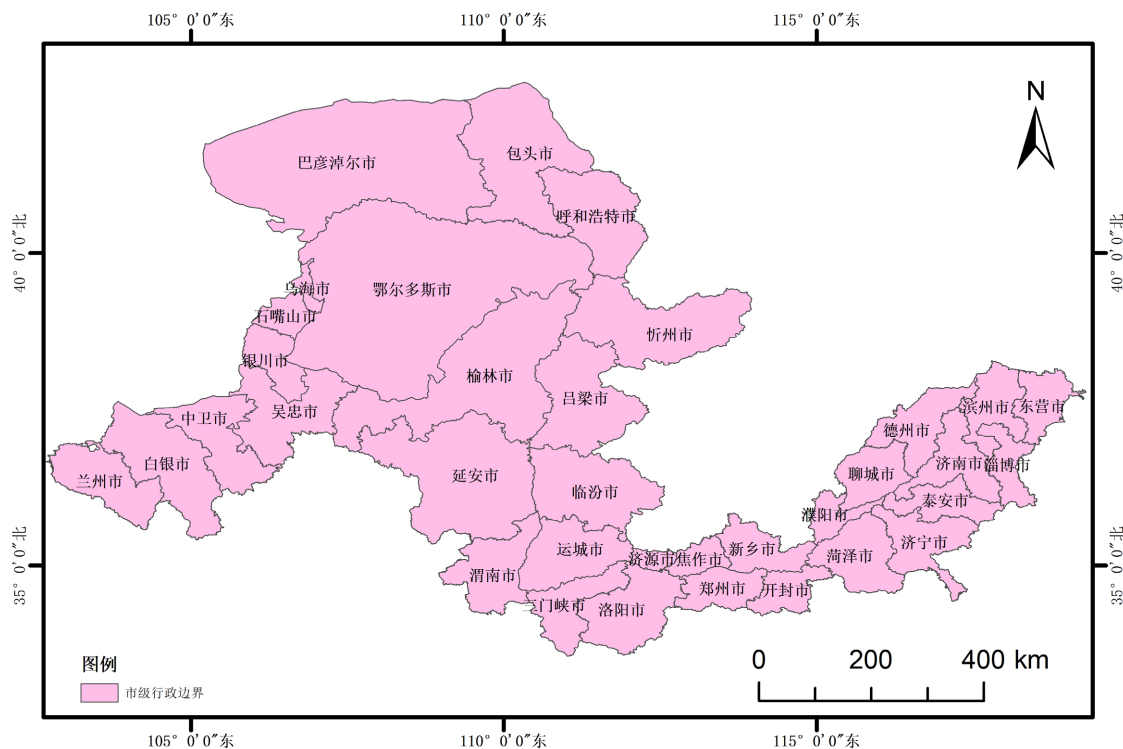


Figure 1. Schematic of the study area

图 1. 研究区域示意图

3.2. 研究数据来源

为保证数据来源的权威性和一致性,研究所使用的数据主要来源于2019年《中国城市统计年鉴》《甘肃省统计年鉴》《宁夏回族自治区统计年鉴》《内蒙古自治区统计年鉴》《陕西省统计年鉴》《山西省统计年鉴》《河南省统计年鉴》《山东省统计年鉴》以及各研究城市2019年《统计年鉴》和《国民经济和社会发展统计公报》。

3.3. 指标体系构建

本文将城市安全韧性分为经济韧性、生态韧性、社会韧性与基础设施韧性四个维度,并基于这四个维度选取了18个指标,构建了城市安全韧性评价指标体系。

经济韧性包括第三产业占GDP比重、近三年GDP增长率、人均GDP和人均储蓄余额4个指标,分别表征城市经济的结构性、发展性、共享性与居民获得性。选取人均水资源总量、建成区绿化覆盖率、万元GDP能耗降低率、空气质量达到及好于二级的天数和污水处理率5个指标,从水资源、绿化覆盖、能源利用、空气质量和污水处理等方面评价城市生态韧性。社会韧性包括每万人城镇职工养老保险参保人数、每万人城镇职工医疗保险参保人数、每万人床位数、失业率及每万人拥有教师数量5个指标,分别表征社会发展的养老、医疗、就业、教育等状况,对于评价城市社会韧性具有代表性意义。选取人均固定资产投资额、公路密度、排水管道密度及每万人互联网接入用户数4个指标来评价城市基础设施韧性。

对于城市经济发展水平,本文主要从经济发展实力、经济发展潜力和经济发展活力三个层面选取9个指标来综合评价。二者共同构成一个完整的城市韧性与经济发展水平的指标评价体系,如表1所示。

Table 1. Evaluation index system and weight of urban safety toughness and economic development

表 1. 城市安全韧性与经济发展评价指标体系及权重

目标层	系统层	权重	指标层	单位	权重	属性
城市安全韧性	经济韧性	0.2297	第三产业占GDP比重	%	0.0569	+
			近三年GDP增长率(均值)	%	0.0230	+
			人均GDP	元/人	0.0841	+
			人均储蓄余额	元/人	0.0657	+
	生态韧性	0.2414	人均水资源总量	m ³ /人	0.1435	+
			建成区绿化覆盖率	%	0.0168	+
			万元GDP能耗降低率	%	0.0292	+
			空气质量达到及好于2级的天数	天	0.0350	+
			污水处理率	%	0.0169	+
	社会韧性	0.2066	每万人城镇职工养老保险参保人数	人	0.0739	+
			每万人城镇职工医疗保险参保人数	人	0.0715	+
			失业率	%	0.0149	-
			每万人床位数	张	0.0288	+
			每万人拥有教师数量	人	0.0175	+
	基础设施韧性	0.3223	人均固定资产投资额	元/人	0.0826	+
			公路密度	km/km ²	0.0652	+
			排水管道密度	km/km ²	0.1411	+
			每万人互联网接入用户数	户	0.0334	+

Continued

			人均 GDP	元/人	0.1174	+
	经济发展实力	0.3119	人均公共预算收入	元/人	0.1440	+
			城镇居民人均可支配收入	元/人	0.0505	+
			常住人口增长率	%	0.0438	+
经济发展水平	经济发展潜力	0.3330	科教支出比例	%	0.0712	+
			每万人在校大学生人数	人	0.2216	+
			人均商品零售额	元/人	0.0761	+
	经济发展活力	0.3551	人均货物进出口额	美元/人	0.2490	+
			第三产业从业人员比重	%	0.030	+

3.4. 研究方法

3.4.1. 熵权-TOPSIS 法

本文采用熵权-TOPSIS 法对黄河流域城市安全韧性与经济发展水平计算。熵权-TOPSIS 是一种将熵值法与 TOPSIS 法结合使用的数学方法。熵权法的基本原理是通过计算指标对象的关联度, 以此确定不同指标对象的权重[21]。TOPSIS 法是一种理想评价法, 基本原则是先找出每一列评价矩阵里的最优解, 然后将所有最优解单独列出来组成理想最优解矩阵, 最后通过计算各评价对象与最优解矩阵的接近程度来对其打分排序[22]。熵权-TOPSIS 法的具体操作如下:

- 1) 建立一个原始矩阵 X , 矩阵由 n 个指标 m 个对象组成。

$$X = [X_{ij}]_{n \times m} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (1)$$

式中: X_{ij} 是指第 i 个城市的第 j 个指标。

- 2) 将原始矩阵进行同趋势化处理, 得到矩阵; 并将指标进行归一化处理得到标准矩阵 A 。

$$A = [a_{ij}]_{n \times m}, \quad a_{ij} = X'_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n (X'_{ij})^2} \quad (2)$$

式中: a_{ij} 是指第 i 个矩阵的第 j 个指标。

- 3) 利用熵权法计算各指标的权重 W 。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij}, \quad k = 1/\ln m \quad (3)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (4)$$

$$W_j = d_j / \sum_{i=1}^m d_j \quad (5)$$

式中: e_j 为信息熵值; m 为研究单元的个数; k 为 $\ln m$ 的倒数; y_{ij} 为第 i 个系统第 j 个指标的综合得分; d_j 为信息效用值; W_j 为指标权重。

- 4) 根据矩阵可以列出有限方案中的正负理想解: 正理想解 A^+ , 负理想解 A^- 。

$$A^+ = (a_{i1}^+, a_{i2}^+, a_{i3}^+, \dots, a_{im}^+) \quad (6)$$

$$a_{ij}^+ = \max(a_{ij}), \quad 1 \leq i \leq n; j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (7)$$

$$A^- = (a_{i1}^-, a_{i2}^-, a_{i3}^-, \dots, a_{im}^-) \quad (8)$$

$$a_{ij}^- = \min(a_{ij}), 1 \leq i \leq n; j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (9)$$

5) 分别计算各指标值与正负理想解之间地欧式距离 D_i^+ 与 D_i^- 。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (a_{ij}^+ - a_{ij})^2} \quad (10)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (a_{ij}^- - a_{ij})^2} \quad (11)$$

6) 计算评价对象与理想解的相对接近值。

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ - D_i^-} \quad (12)$$

式中: D_i^+ 为正理想解; D_i^- 为负理想解; C_i 为接近值。

3.4.2. 协调度模型

耦合协调理论常用来描述两个事物间和谐共生的程度[15]。

由于城市韧性与经济发展水平存在一定的相关性, 我们用耦合协调模型进行测算二者的耦合协调关系[23]。耦合模型如下:

$$E = \sqrt{u_1 \times u_2} / (u_1 + u_2) \quad (13)$$

式中: E 为耦合度值; u_1 为城市经济发展水平; u_2 为城市韧性。

耦合度只能判断二者之间的耦合度, 难以测算二者发展是否能互相起正向作用, 容易出现“双低”的高耦合现象。因此, 引入协调度模型以反映两个系统相互作用的协调度[24]。协调度模型如下:

$$D = \sqrt{E \times T} \quad (14)$$

$$T = \alpha u_1 + \beta u_2, \alpha + \beta = 1 \quad (15)$$

式中: D 为城市韧性与城市经济发展的耦合协调度, D 值越大则二者之间的协调关系越好; T 为城市韧性与城市经济发展水平的综合协调指数; α 和 β 为待定系数, 分别代表城市经济发展的水平与城市韧性水平的重要性, 其中 $\alpha + \beta = 1$ 。在此认为城市韧性水平与经济发展水平水平同等重要, 故将 α 和 β 各取值 0.5。

D 的结果说明了城市韧性与经济发展水平之间的耦合协调关系, 结果越大说明该城市的韧性与经济发展水平协调度越高, 反之则越小。为了能够直观反映城市韧性与经济发展水平之间的协调关系, 根据两个系统的协调度进行了分级, 如表 2 所示。

Table 2. Coupled coordination schedule classification table

表 2. 耦合协调度分级表

耦合协调度 D 值区间	耦合协调程度
[0~0.3)	严重失调
[0.3~0.7)	轻中度失调
[0.7~0.9)	初中级协调
[0.9~1.0)	高级协调

4. 黄河流域城市安全韧性与经济发展水平空间差异分析

4.1. 城市安全韧性空间差异分析

通过综合测算, 得到黄河流域城市安全韧性空间分布格局, 得到分布结果如图 2 所示。从空间分布格局来看, 黄河流域城市韧性具有显著差异。总体来看呈现下游城市韧性高, 上中游城市韧性低的空间分布格局。同等韧性的城市在空间分布上亦具有聚合效应。

济南等 5 座城市基础设施最完备, 城市运行中的安全系统也最完善, 已成为成熟型的韧性城市。以济南为例, 2019 年济南市经济韧性与基础设施韧性评分均居流域前列, 其中人均储蓄余额 50,236 元, 公路密度与排排水管道密度分别为 123 km/100km² 和 66 km/100km² 均达到流域内最高层次, 郑州则在生态韧性与社会韧性达到流域峰值。其他城市在生态保护、经济发展、基础设施建设以及社会保障等方面也做的比较成熟, 其城市韧性建设已经步入到良性轨道, 中心城市与外围地区能够达到平衡。城市在发展过程中的内在矛盾如生态矛盾、安全问题与外在威胁如自然灾害等均得到了较好处理, 人地关系较为缓和。包括兰州等 10 座在内的城市属于较高韧性的城市。其基础设施基本完备, 安全系统也基本建立起来, 城市在日常运行中的安全保障基本能够实现。但在生态系统修复、国土安全、人民生活保障等领域的许多建设还不完备, 面临风险的抵御能力不足, 未来还有较大的成长空间, 属于成长型的韧性城市。

榆林等 6 座城市属于中等韧性。其韧性表现居于中游水平, 相关建设方面的表现比较平庸。虽然整体拥有较好的经济基础, 但在发展中忽视了生态保护与环境修复, 抑制了城市韧性的提高。未来若不能持续加大在生态环境、社会保障、生产安全等方面的投入建设力度, 城市安全保障将会面临整体下滑的态势。

中卫等 8 座城市的韧性度处于较低水平。这 8 座城市涉及到黄河流域的上、中、下游, 说明黄河流域目前整体韧性度偏低, 城市安全较难保障。上述城市大部分是传统的资源型城市, 早期的发展多以牺牲生态环境为代价, 加上地处黄河中上游地区, 受洪涝灾害威胁较大, 严重拉低了城市的安全指数。最后包括白银、吴忠等在内的 6 座城市处于黄河流域安全韧性的最低层次。这 6 座城市中, 白银、吴忠位于上游, 其他四座位于中游。说明黄河流域上中游安全韧性建设整体低于下游, 且中游塌陷较为严重。这 6 座城市在安全韧性的各个方面都处于最低水平, 目前面临的内外部危机也较为严峻。未来若不能在城市安全的各个方面加大投入力度, 其发展空间将会受到极大制约。

4.2. 城市经济发展水平空间差异分析

通过熵值法对黄河流域城市的综合测算, 得到各城市的经济发展水平, 并通过 Arcgis 的自然断点法得到分布结果如图 3 所示。从空间分布格局上来看, 黄河流域城市间经济发展存在较大差异。整体上是下游城市的经济发展水平高于上中游城市; 在局部表现为区域中心城市好于边缘性城市, 区域经济发展的中心 - 外围性较强。

具体而言, 黄河流域城市分别处在 5 个发展阶段。经济发展达到高水平的为郑州、济南两座城市。这两座城市分别是中原城市群和山东半岛城市群的中心城市, 其政治经济地位居于所在城市群中心位置。区域中心型城市的优越性在于能够利用本区域内最优质的资源发展自身, 在一定区域内形成“虹吸效应”, 并固定形成资本、市场等要素的良性循环, 持续吸引人才、资金发展自己。经济发展较高水平的城市主要有兰州等 8 座城市。兰州、银川、呼和浩特是省会城市拥有区域经济发展的政策优势。鄂尔多斯、淄博和东营则是我国重要地能源化工基地, 具备较为完善的工业体系。工业地发展为三座城市奠定了良好地基础。洛阳地济源则作为郑州省会都市圈的重要城市, 受到郑州辐射带动作用, 经济发展较快。尤其是洛阳, 现已逐渐成长为河南省副中心城市, 经济地位较高。

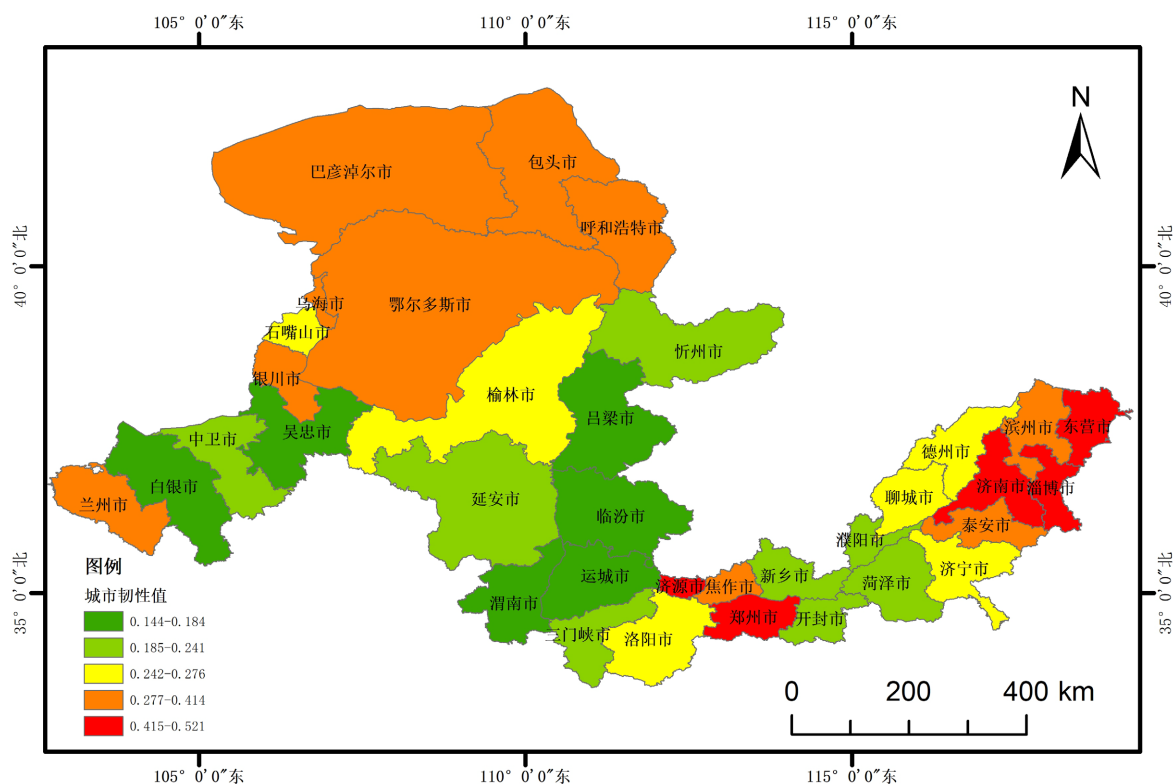


Figure 2. Urban safety toughness in the Yellow River Basin

图 2. 黄河流域城市安全韧性度

中卫等 10 座城市处于黄河流域经济发展的中等水平。这 9 座城市的经济发展在黄河流域中处于较为居中的水平。这 9 座城市的共同特点是地理位置较为接近中心城市, 因此能够在一定程度上受到中心城市的辐射, 但由于自身基础薄弱, 故经济发展无法步入快车道。

经济发展处于较低水平和低水平的共有 15 座城市。其中延安等 8 座城市处于经济发展的较低水平。这类层次的城市在经济发展中落后的原因比较多样。首先地理位置较为偏远, 距离中心城市较远, 受辐射带动作用弱。其次自身基础薄弱, 大都不具备完整的工业体系, 难以发挥制造业对经济发展的带动作用。此外城市规模较小, 人口少, 面积小, 市场狭窄难以吸引大型企业投资建厂等也是重要原因。白银等 7 座城市则处于黄河流域经济发展的最低水平, 是目前黄河流域经济发展最为落后的地区。它们经济落后的共同原因都与恶劣的地理条件有关系。7 座城市都地处黄土高原地区, 土质疏松且水土流失严重, 土地承载力较低, 工农业落后, 不适合开展大规模建设。

5. 黄河流域城市韧性与经济发展水平协调度空间差异分析

根据城市韧性和经济发展水平的综合得分, 利用耦合协调模型得到黄河流域城市韧性度与经济发展水平的协调度, 如图 4 所示。根据结果首先可以看出: 黄河流域共存在严重失调、轻中度失调、初中级协调、高级协调 4 种不同程度的协调情况。其次, 协调度整体较低, 只有郑州、济南处于高级协调, 大部分城市处于不同程度的失调状态。第三, 协调情况存在着明显的空间分布差异, 下游城市明显高于上中游。

严重失调的城市涉及到白银等 6 座城市。严重失调表明这 6 座城市的城市韧性与经济发展都处于较低水平, 二者水平双低且不耦合现象严重。城市韧性与经济发展之间出现了明显的裂痕, 两者之间的关

系出现彼此不协调甚至互为拮抗的态势。经济出对韧性表现出明显的顽抗性。城市在发展过程中面临的生态矛盾与安全问题纠缠在一起, 城市发展过程中面临的潜在威胁依然很大。

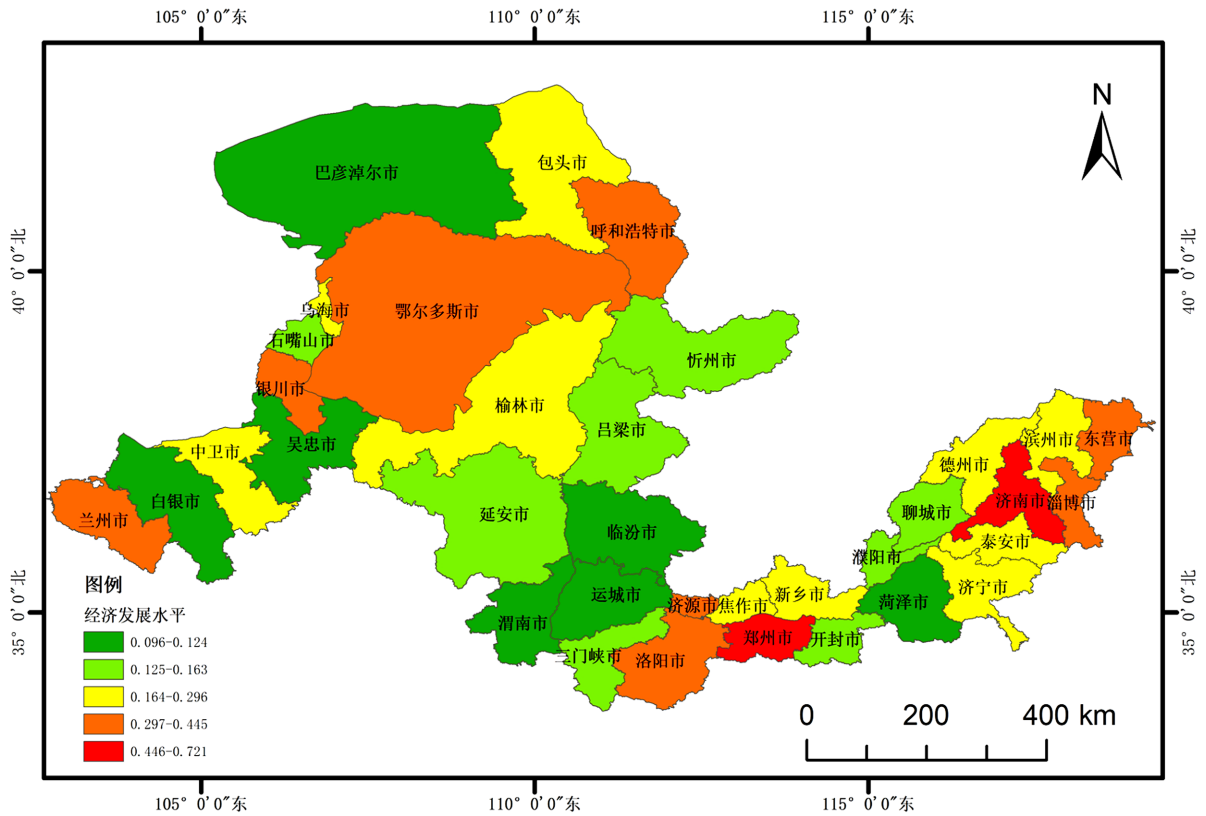


Figure 3. Economic development level of cities in the Yellow River Basin
图 3. 黄河流域城市经济发展水平

石嘴山、巴彦淖尔等 20 座城市为轻中度失调。这 20 座城市涉及到黄河流域的上、中、下游, 表明整个黄河流域都面临着失调的危险。这 20 座城市不协调的原因有多种类型, 总的来说一类是经济发展水平低无法比城市韧性协调, 另一类则相反。中卫、石嘴山等黄河上中游的城市多是由于经济发展水平低造成的二者不协调, 而洛阳等下游城市则是城市韧性跟不上经济发展造成的。

兰州等 7 座达到初中级协调的城市开始进入城市韧性与经济发展的磨合期阶段, 二者已经形成较为固定的互动模式, 初步形成良性互动, 但在短期内难以实现突破进入新阶段。兰州、银川、呼和浩特是省会城市, 拥有较高的经济发展水平, 政府可以支持开展大规模的基础设施建设并开展环境修复工作。鄂尔多斯、淄博和东营是我国重要的能源城市, 经济发展水平较高, 社会保障体系较为完善, 城市的韧性建设和经济发展基本能够达到正向反馈。7 座城市未来想要突破瓶颈, 达到高级协调还需要解决许多深层次、系统性的问题, 如建设城市高效治理体系, 打造城市全方位安全预警系统等。

郑州、济南两座城市已经进入到了高级协调水平。这表明这两座城市已经达到经济发展与城市韧性建设的高级协调阶段。二者已经能够形成良性互动, 并进一步形成互相推动发展的正向循环关系。强大的经济实力为政府开展基础设施和生态工程建设提供了资金。经济发展水平和生态环境的双重优化使郑州济南达到高级协调阶段。未来郑州、济南两座城市要继续加强城市韧性建设, 并利用自身辐射力带动区域替他城市共同发展。

规划中注重兼顾性, 降低空间差异。根据城市安全韧性与发展水平耦合协调程度及其原因分析, 分别对黄河流域城市提出对策如下:

1) 严重失调城市: 对于白银、吴忠、渭南、吕梁、临汾、运城 6 座严重失调的城市来说: 要提升城市韧性与城市经济发展水平, 并进一步探索二者协调发展的新路径。加大对维系城市安全的公共设施的建设力度, 完善城市安全系统, 建立从侦察、预警到迅速反应的城市预警系统; 建立重大风险评估系统, 规避安全事故; 强化经济安全保障, 实现城市在重要产业、基础设施、战略资源等方面的安全可控; 改变经济发展方式, 强化区域协调的带动作用, 改变过去过分依赖高污染、高能耗、高浪费率的发展方式, 为经济发展寻找新引擎, 注入新活力。

2) 轻中度失调城市: 对于中卫等经济发展水平低的上游城市来说, 要重点发展经济, 开展城市基础设施建设, 利用自身地缘优势, 加大政府投资, 吸引资本发展自身经济; 对于城市韧性与经济发展不匹配的下游城市来说, 下一步应将城市建设的方向及时调整到韧性建设上来, 政府加大在公共领域的投资, 努力完善城市安全防御系统, 全面提高城市韧性。

3) 初中级协调城市: 兰州等 7 座已经达到初中级协调的城市下一步应着力在创新领域加大投资, 建立创新高效同时适应自身特点的城市监管体系, 将城市可能面临的内外部安全隐患纳入到监管体系中, 并将大数据、人工智能等作为工具充分使用, 努力使自身突破瓶颈达到高级协调。

4) 高级协调城市: 对于达到高级协调的郑州、济南两座城市, 下一步应在自身发展基础上充分发挥辐射带动作用, 利用自身影响力提高区域经济发展水平和城市韧性值, 为其他城市提供经验, 起到榜样示范作用。从全球角度讲, 两座城市要利用自身区位优势与城市品牌效应, 打造全球知名的安全城市。

基金项目

国家自然科学基金项目“气候变化和城市化背景下城市内涝灾害风险管理研究”(71673076); 山东省泰山学者青年专家计划(tsqn202103065)。

参考文献

- [1] 李超超, 程晓陶, 申若竹, 等. 城市化背景下洪涝灾害新特点及其形成机理[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 57-62.
- [2] 赵雪雁. 地理学视角的可持续生计研究: 现状、问题与领域[J]. 地理研究, 2017, 36(10): 1859-1872.
- [3] Holling, C.S. (1973) Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **4**, 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- [4] Berkes, F. and Folke, C. (1998) Linking Social and Ecological Systems for Resilience and Sustainability. In: Berkes, F. and Folke, C., Eds., *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Cambridge University Press, Cambridge, 13-20.
- [5] Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J.M., et al. (2001) From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What. *Ecosystems*, **4**, 765-781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- [6] Ahern, J. (2011) From Fail-Safe to Safe-to-Fail: Sustainability and Resilience in the New Urban World. *Landscape and Urban Planning*, **100**, 341-343. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- [7] Safa, M., Jorge, R., Eugenia, K., et al. (2016) Modeling Sustainability: Population, Inequality, Consumption, and Bi-directional Coupling of the Earth and Human Systems. *National Science Review*, **3**, 470-494.
- [8] Marjolein, S. and Bas, W. (2017) Building Up Resilience in Cities World-Wide: Rotterdam as Participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*, **61**, 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.011>
- [9] 范维澄. 国家突发公共事件应急管理中的科学问题的思考和建议[J]. 中国科学基金, 2007(2): 71-76.
- [10] 吴绍洪, 高江波, 韦炳干, 等. 自然灾害韧性社会的理论范式[J]. 地理学报, 2021, 76(5): 1136-1147.
- [11] 杨莹, 林琳, 钟志平, 等. 基于应对公共健康危害的广州社区恢复力评价及空间分异[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 266-284.
- [12] 白立敏, 修春亮, 冯兴华, 等. 中国城市韧性综合评估及其时空分异特征[J]. 世界地理研究, 2019, 28(6): 77-87.

-
- [13] 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.
- [14] 孙阳, 张落成, 姚士. 基于社会生态系统视角的长三角地级城市韧性度评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(8): 151-158.
- [15] 周倩, 刘德林. 长三角城市群城市韧性与城镇化水平耦合协调发展研究[J]. 水土保持研究, 2020, 27(4): 286-292.
- [16] 朱黎青, 彭菲, 高翹. 气候变化适应性与韧性城市视角下的滨水绿地设计——以美国哈德逊市南湾公园设计研究为例[J]. 中国园林, 2018, 34(4): 41-46.
- [17] 葛懿夫, 翟国方, 何仲禹, 高婧怡. 韧性视角下的综合防灾减灾规划研究[J]. 灾害学, 2022, 37(1): 229-234.
- [18] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 中国水利, 2019(20): 1-3.
- [19] 耿思敏, 严登华, 罗先香, 等. 变化环境下黄河中下游洪涝灾害发展新趋势[J]. 水土保持通报, 2012, 32(3): 188-244.
- [20] 张晓龙, 李培英. 黄河三角洲滨海湿地的区域自然灾害风险[J]. 自然灾害学报, 2006(1): 159-164.
- [21] 王富喜, 毛爱华, 李赫龙, 等. 基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J]. 地理科学, 2013, 33(11): 1323-1329.
- [22] 杜新新, 梁园园, 南雪梅, 等. 基于熵权-TOPSIS 法的安徽省基本公共卫生服务综合评价[J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2020, 20(6): 540-546.
- [23] 张明斗, 肖航. 城市化质量与城市经济发展水平的耦合协调分析[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2020, 41(1): 37-46.
- [24] 于洪雁, 王群勇, 张博, 等. 中国旅游供需耦合协调发展的空间分异及驱动机制研究[J]. 地理科学, 2020, 40(11): 1889-1898.